

Opinnäytetyö (AMK)

---

Ympäristötekniologia

2017

Laura Virtanen

# KIEKKOSUOTIMEN HYÖDYNTÄMINEN JVP-EURAN JÄTEVESIPROSESSISSA

Laura Virtanen

# KIEKKOSUOTIMEN HYÖDYNTÄMINEN JVP-EURAN JÄTEVESIPROSESSISSA

Opinnäytetyön aiheena on koeajaa kiekkosuotimen koeajolaitteistoa toimeksiantajan jätevedenpuhdistusprosessissa. Toimeksiantajana toimii JVP-Eura Oy, jonka jätevedenpuhdistamon väliselkeytysaltaiden kapasiteetti ei riitä hulevesien sekä suurien ravinne- ja kiintoainekuormitusten aikana. Koeajolla on tarkoitus kartoittaa kiekkosuotimen soveltuminen ja hyödyntäminen JVP-Euran jätevedenpuhdistusprosessissa ratkaisuna kapasiteettiongelmaan.

Koeajo suoritettiin kiekkosuotimen koeajolaitteistolla neljässä eri jätevedenpuhdistusprosessin positiossa: esiselkeytyksen jälkeen, väliselkeytyksen rinnalla, flotaation rinnalla sekä flotaation jälkeen. Kiekkosuotimen soveltuvuutta ja koeajoa seurattiin kiekkosuotimelle tulevasta ja lähtevästä vedestä otettavilla näytteillä. Näytteistä analysoitiin kiintoaine, kokonaisfosfori ja kemiallinen hapenkulutus. Työn lähdeaineistona olivat puhdistamon prosessiin liittyvä materiaali sekä kiekkosuodinvalmistajilta saatu materiaali. Kirjallisuuslähteitä kiekkosuotimesta oli saatavilla vähän.

Vesinäytteistä analysoitujen tulosten perusteella voidaan todeta kiekkosuotimen sopivan JVP-Euran jätevedenpuhdistusprosessiin oikealla saostuskemikaalin ja polymeerin annostelulla sekä suodatinkankaalla. Sijoittamalla kiekkosuodin puhdistusprosessin loppuun sitä voidaan hyödyntää myös muissa tilanteissa väliselkeytysaltaiden kapasiteettiongelman lisäksi. Kiekkosuotimen avulla voidaan suojella biologista prosessia tai parantaa puhdistustulosta flotaation häiriötilanteiden aikana.

ASIASANAT:

Vesihuolto, Jätevesi, Kiekkosuodin

Laura Virtanen

# THE UTILIZATION OF A DISC FILTER IN THE WASTE WATER TREATMENT PROCESS AT JVP-EURA

The purpose of this thesis was to document the trial run of a disc filter system within the client's waste water treatment process. The client is JVP-Eura Oy whose waste water treatment plant's secondary settling tank capacity is not adequate for storm water or considerable nutrient or solid matter loads. The purpose of the trial run was to determine the applicability and potential for the utilization of a disc filter in the waste water treatment process of JVP-Eura.

The test run was conducted on the disc filter testing system in four different positions in the waste water treatment process: after preliminary settling, alongside secondary settling, alongside flotation and after flotation. The applicability of the disc filter and the trial run process were observed by taking samples of water both entering and exiting the disc filter. The samples were analyzed for solid matter, total phosphorus and chemical oxygen demand. The source materials of the thesis were material relating to the treatment plant process and material received from the disc filter manufacturers. Few literary sources on disc filters were available.

Based on the results of the water sample analysis, the conclusion reached in this thesis suggests that the disc filter fits JVP-Eura's waste water treatment process, with the correct ratio of both chemical coagulants and polymers, and when using a suitable filtering fabric. By placing the disc filter at the end of the treatment process, the filter can be utilized, in addition to secondary settling tank capacity issues, in other situations as well. The disc filter can protect the biological process or improve treatment results during faults in flotation.

## KEYWORDS:

Water management, Waste water, Disc filter

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET</b>	<b>8</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>9</b>
<b>2 JVP-EURA OY</b>	<b>10</b>
2.1 Jätevedenpuhdistuslaitos	10
2.2 Prosessi	11
2.2.1 Esikäsittely	12
2.2.2 Biologinen prosessi	13
2.2.3 Väliselkeytys	13
2.2.4 Flotaatio	14
2.2.5 Lietteet	14
2.3 Jätevedenpuhdistamon tilanne	14
<b>3 KIEKKOSUODIN</b>	<b>15</b>
3.1 DynaDisc, Nordic Water Products AB	15
3.2 Disk Filter, Mecana Umwelttechnik GmbH	18
3.3 Referenssit jätevedenpuhdistuslaitoksilta	20
3.3.1 Lapuan Jätevesi Oy	20
3.3.2 Nivos Vesi Oy	22
<b>4 KOEJÄRJESTELY</b>	<b>24</b>
4.1 Koelaitteisto	24
4.2 Koeajopöytäkirja	26
4.3 Koeajopositiot	27
4.4 Kemikaalit	28
4.5 Näytteenotto ja näytteiden analysointi	29
4.5.1 Kiintoaine SS	29
4.5.2 Kokonaisfosfori $P_{tot}$	32
4.5.3 Kemiallinen hapenkulutus COD	32
<b>5 KOEAJON TULOKSET</b>	<b>34</b>
5.1 Väliselkeytyksen rinnalla	34
5.2 Esiselkeytyksen jälkeen	35
5.3 Flotaation rinnalla	41

5.4 Flotaation jälkeen	48
------------------------	----

<b>6 JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>50</b>
-------------------------	-----------

<b>LÄHTEET</b>	<b>52</b>
----------------	-----------

## **LIITTEET**

Liite 1. DynaDisc-koeajo	
Liite 2. DynaDisc-koeajon tulokset	

## **KAAVAT**

Kaava 1. Kiintoainepitoisuuden laskeminen. (SFS-EN 872).	30
--	----

## **KUVAT**

Kuva 1. DynaDisc-kiekkosuodin (Laihonen 2016).	16
Kuva 2. Kiekkosuotimen toimintaperiaate (Laihonen 2016).	17
Kuva 3. Kiekkosuotimen toimintaperiaate poikkileikkauskuvana (Laihonen 2016).	18
Kuva 4. Poikkileikkaus kiekkosuodattimesta (Mecana).	19
Kuva 5. Piirroskuva Pile Cloth - kiekkosuodatinkankaasta (Turunen & Süsser 2016).	19
Kuva 6. Valokuva Pile Cloth - kiekkosuodatinkankaasta (Turunen & Süsser 2016).	20
Kuva 7. Jälkikäsitteilyn suodatin Lapuan Jätevesi Oy:n jäteveden puhdistuslaitoksella (Lapuan Jätevesi 2016).	22
Kuva 8. Koelaitteisto kuvattuna ulkopuolelta (Virtanen 2016).	25
Kuva 9. Koelaitteisto kuvattuna sisäpuolelta (Virtanen 2016).	25
Kuva 10. Vesinäytepulloja (Virtanen 2016).	29
Kuva 11. Kiintoaineen määrityksessä käytettävä uuni (Virtanen 2016).	31
Kuva 12. Kiintoaineen määrityksessä käytettävä imusuppilo (Virtanen 2016).	31
Kuva 13. Kokonaisfosforin ja kemiallisen hapenkulutuksen määrityksessä käytettävä kuivahaude (Virtanen 2016).	33
Kuva 14. Kokonaisfosforin ja kemiallisen hapenkulutuksen määrityksessä käytettävä kyvetin lukulaite (Virtanen 2016).	33

## **KUVIOT**

Kuvio 1. JVP-Euran jätevedenpuhdistusprosessi (Sweco Ympäristö Oy 2014).	12
Kuvio 2. Kiekkosuotimen koeajopositiot jätevedenpuhdistusprosessissa.	27

Kuvio 3. Kiintoaineen mittaustulokset ilman kemikaaleja esiselkeytyksen jälkeen.	35
Kuvio 4. Kokonaisfosforin mittaustulokset ilman kemikaaleja esiselkeytyksen jälkeen.	
Huomaa negatiivinen Ptot reduktio.	36
Kuvio 5. Kemiallisen hapenkulutuksen mittaustulokset ilman kemikaaleja esiselkeytyksen jälkeen. Huomaa negatiivinen COD reduktio.	36
Kuvio 6. Kiintoaineen mittaustulokset polymeerillä 2,5 ppm ja PIX:llä 600 g/m <sup>3</sup> esiselkeytyksen jälkeen.	37
Kuvio 7. Kokonaisfosforin mittaustulokset polymeerillä 2,5 ppm ja PIX:llä 600 g/m <sup>3</sup> esiselkeytyksen jälkeen.	38
Kuvio 8. Kemiallisen hapenkulutuksen mittaustulokset polymeerillä 2,5 ppm ja PIX:llä 600 g/m <sup>3</sup> esiselkeytyksen jälkeen.	38
Kuvio 9. Kiintoaineen mittaustulokset polymeerillä 3,0 ppm ja PIX:llä 600 g/m <sup>3</sup> esiselkeytyksen jälkeen.	39
Kuvio 10. Kokonaisfosforin mittaustulokset polymeerillä 3,0 ppm ja PIX:llä 600 g/m <sup>3</sup> esiselkeytyksen jälkeen.	39
Kuvio 11. Kemiallisen hapenkulutuksen mittaustulokset polymeerillä 3,0 ppm ja PIX:llä 600 g/m <sup>3</sup> esiselkeytyksen jälkeen.	40
Kuvio 12. Kiintoaineen mittaustulokset polymeerillä 3,0 ppm ja PIX:llä 700 g/m <sup>3</sup> esiselkeytyksen jälkeen.	40
Kuvio 13. Kemiallisen hapenkulutuksen mittaustulokset polymeerillä 3,0 ppm ja PIX:llä 700 g/m <sup>3</sup> esiselkeytyksen jälkeen.	41
Kuvio 14. Kiintoaineen mittaustulokset ilman kemikaaleja flotaation rinnalla.	42
Kuvio 15. Kokonaisfosforin mittaustulokset ilman kemikaaleja flotaation rinnalla.	42
Kuvio 16. Kiintoaineen mittaustulokset polymeerillä 1,5 ppm flotaation rinnalla.	43
Kuvio 17. Kokonaisfosforin mittaustulokset polymeerillä 1,5 ppm flotaation rinnalla.	43
Kuvio 18. Kemiallisen hapenkulutuksen mittaustulokset polymeerillä 1,5 ppm flotaation rinnalla.	44
Kuvio 19. Kiintoaineen mittaustulokset polymeerillä 1,5 ppm ja PIX:llä 20 g/m <sup>3</sup> flotaation rinnalla.	44
Kuvio 20. Kokonaisfosforin mittaustulokset polymeerillä 1,5 ppm ja PIX:llä 20 g/m <sup>3</sup> flotaation rinnalla.	45
Kuvio 21. Kemiallisen hapenkulutuksen mittaustulokset polymeerillä 1,5 ppm ja PIX:llä 20 g/m <sup>3</sup> flotaation rinnalla.	45
Kuvio 22. Kiintoaineen mittaustulokset polymeerillä 1 ppm ja PIX:llä 20 g/m <sup>3</sup> flotaation rinnalla.	46
Kuvio 23. Kokonaisfosforin mittaustulokset polymeerillä 1 ppm ja PIX:llä 20 g/m <sup>3</sup> flotaation rinnalla.	46
Kuvio 24. Kemiallisen hapenkulutuksen mittaustulokset polymeerillä 1 ppm ja PIX:llä 20 g/m <sup>3</sup> flotaation rinnalla.	47
Kuvio 25. Kiintoaineen mittaustulokset polymeerillä 1 ppm ja PIX:llä 10 g/m <sup>3</sup> flotaation rinnalla.	47
Kuvio 26. Kokonaisfosforin mittaustulokset polymeerillä 1 ppm ja PIX:llä 10 g/m <sup>3</sup> flotaation rinnalla.	48
Kuvio 27. Kemiallisen hapenkulutuksen mittaustulokset polymeerillä 1 ppm ja PIX:llä 10 g/m <sup>3</sup> flotaation rinnalla.	48
Kuvio 28. Kiintoaineen mittaustulokset ilman kemikaaleja flotaation jälkeen.	49
Kuvio 29. Kokonaisfosforin mittaustulokset ilman kemikaaleja flotaation jälkeen.	49
Kuvio 30. Ehdotettu kiekkosuotimen sijainti jätevedenpuhdistusprosessissa. Sinisellä ja punaisella nuolella on kuvattu mahdolliset prosessin ajotavat.	50

## TAULUKOT

Taulukko 1. Käsitellyn jäteveden pitoisuusarvot (Aluehallintovirasto 2013).	11
Taulukko 2. Käsitellyn jäteveden fekaalisten koliformien ja fekaalisten enterokokkien pitoisuusarvot (Aluehallintovirasto 2013).	11
Taulukko 3. Ote kiekkosuotimen koeajopöytäkirjasta.	26

## KÄYTETYT LYHENTEET

COD	Chemical oxygen demand, kemiallinen hapenkulutus
FTU	Formazin turbidity units, sameuden yksikkö
P <sub>tot</sub>	Total phosphorus, kokonaisfosfori
PAC/PAX	Polyalumiinikloridi, epäorgaaninen saostusaine
PIX	Ferrisulfaatti, epäorgaaninen saostusaine
ppm	Parts per million, miljoonasosa
SS	Suspended solids, kiintoaine



# 1 JOHDANTO

Jätevedenpuhdistamoille on ympäristöluvassa määrätty jäteveden puhdistusvaatimukset, joilla pyritään takaamaan ihmisten ja luonnon hyvinvointi. Lupa-arvojen saavuttaminen olisi tärkeää, sillä vesistöön pääsevä kiintoaine kuluttaa happea ja erityisesti typpi ja fosfori aiheuttavat vesistöjen rehevöitymistä (Seppänen 1994, 192).

Opinnäytetyön toimeksiantajan JVP-Eura Oy:n puhdistamon väliselkeytysaltaiden kapasiteetti ei riitä hulevesien sekä suurien ravinne- ja kiintoainekuormitusten aikana. Tällaisissa tilanteissa ympäristöluvan määräämien lupa-arvojen saavuttaminen ei ole täysin varmaa.

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia kiekkosuotimen hyödyntämistä JVP-Eura Oy:n jätevedenpuhdistusprosessissa. Voisiko kiekkosuodin olla vaihtoehtoinen ratkaisu väliselkeytysaltaiden laajennukselle tai muuten tukea puhdistamon prosessia?

Koeajo suoritetaan kiekkosuotimen koelaitteistolla laitetoimittajan tekemän koeajosuunnitelman mukaan. Kiekkosuodinta ajetaan erisuuruisilla virtauksilla sekä eri määriä polymeeriä ja saostuskemikaalia. Koeajoa seurataan vesinäytteillä, joista tutkitaan kiintoaine, kokonaisfosfori ja kemiallinen hapenkulutus. Kiekkosuodinta koeajetaan jätevedenpuhdistamon prosessin eri positioissa ja kartoitetaan suotimen käytettävyyks kussakin tilanteessa.

Jätevedenpuhdistamon prosessi ja tarve kiekkosuotimelle esitellään opinnäytetyön teoriaosuudessa. Kirjallinen osuus koostuu myös kiekkosuotimen toimintaperiaatteen esittelystä sekä muiden puhdistamojen kiekkosuotimen käyttökokemuksista ja valintaperusteista.

Tuloksissa käydään läpi näytteistä saadut tulokset ja eri ajoparametrien vaikutukset näytteisiin. Johtopäätöksissä pohditaan olisiko kiekkosuodin jossakin positiossa toimiva ratkaisu jätevedenpuhdistamolle joko kapasiteetin lisäämiseksi tai puhdistustulosten saavuttamiseksi.

## 2 JVP-EURA OY

Euran kunnan vuonna 1975 valmistunut jätevedenpuhdistuslaitos yhtiöitettiin keskuspuhdistamo JVP-Eura Oy:ksi vuonna 2003. JVP-Eura Oy:n omistaa Euran kunta (osuus 70 %) ja Kauttuan paperitehdas Jujo Thermal Oy (osuus 30 %). (Patala 2016.)

### 2.1 Jätevedenpuhdistuslaitos

Vuonna 1975 jätevedenpuhdistamo valmistui kaksilinjaiseksi biologiskemialliseksi rinnakkaissaostuslaitokseksi, johon lisättiin vuoden 1996 saneerauksessa kemiallinen esisaostus ja kolmas ilmastusallas. Vuosina 2003–2004 laitos yhtiöitettiin ja saneerattiin jälkisaostuslaitokseksi. Saneerauksessa paperitehtaan tulevan veden linjaan lisättiin esiselkeytys, jälkiselkeytykseksi valmistui flotaatio ja typenpoisto muutettiin kantoaineprosessiksi. Puhdistamoa laajennettiin vuosina 2013–2014, jolloin alkuperäinen esiselkeytys palautettiin kuntalinjan käyttöön ja paperitehtaan linjalle valmistui uusi esiselkeytys. Typenpoiston kantoaineprosessin tilalle valmistui kolmilinjainen ilmastus. Puhdistamolle rakennettiin myös uusi valvomo, sähkökeskus, varavoimakone, metanoliaseja ja puhdistamolietteelle uusi tiivistämö. Puhdistetun veden hygienisointi vetyperoksidilla ja muurahaishapolla otettiin käyttöön vuonna 2013. (Aluehallintovirasto 2013; Patala 2016.)

Puhdistamolle tulevat jätevedet ovat teollisuuspainotteisia. Kuntalinjaa pitkin Euran kunnan yhdyskuntajäteveden lisäksi puhdistamolle johtaa jätevetensä Satakierto Oy ja Länsi-Suomen prosessivesi Oy. (Sweco Ympäristö Oy 2014; Patala 2016.) Myös HKScan Finland Oy johtaa jätevetensä puhdistamolle kuntalinjalla, mutta yhtiö tulee arvion mukaan vuoden 2017 aikana sijoittamaan uuden Euran tehtaan korvaavan laitoksensa Raumalle. (HKScan 2015.) Teollisuuslinjaa pitkin jätevetensä johtaa Jujo Thermal Oy. Puhdistamo ottaa vastaan myös sako- ja umpikaivolietteitä (Sweco Ympäristö Oy 2014.)

Aluehallintovirasto antoi päätöksen uudesta ympäristöluvasta JVP-Eura Oy:lle vuonna 2013. JVP-Eura valitti luvasta. (Patala 2016.) Korkein hallinto-oikeus antoi lopullisen päätöksen ympäristöluvasta 9.1.2017, jonka mukaan valitus hylätään ja hallinto-oikeuden päätöksen lopputulosta ei muuteta (Korkein hallinto-oikeus 2016).

Vuonna 2013 annettu päätös ympäristöluvasta sisältää pitoisuusarvot käsitellylle jätevedelle 1.1.2016 lähtien mahdolliset ohjauksutukset, ylivuodot ja poikkeustilanteet (puhdistamolla ja viemäriverkostossa) mukaan lukien. Pitoisuusarvot on esitetty taulukossa 1. Käsitellyn jäteveden fekaalisten koliformien ja fekaalisten enterokokkien pitoisuusarvot on esitetty taulukossa 2. (Aluehallintovirasto 2013.)

Taulukko 1. Käsitellyn jäteveden pitoisuusarvot (Aluehallintovirasto 2013).

	Enimmäispitoisuus (mg/l)	Vähimmäisteho (%)	
BOD <sub>7atu</sub>	15	90	neljännesvuosikeskiarvo
Fosfori	0,3	90	neljännesvuosikeskiarvo
Typpi	15	75	vuosikeskiarvo
Ammoniumtyppi	5	90 (nitrifikaatioaste)	vuosikeskiarvo
COD <sub>Cr</sub>	100	80	neljännesvuosikeskiarvo
Kiintoaine	15	95	neljännesvuosikeskiarvo
Bisfenoli-A	0,02		vuosikeskiarvo

Vaasan hallinto-oikeus on valituksenalaisella päätöksellään JVP-Eura Oy:n valitukselta muuttanut bisfenoli-A:n osalta enimmäispitoisuuden tavoitearvoksi (KHO 2016).

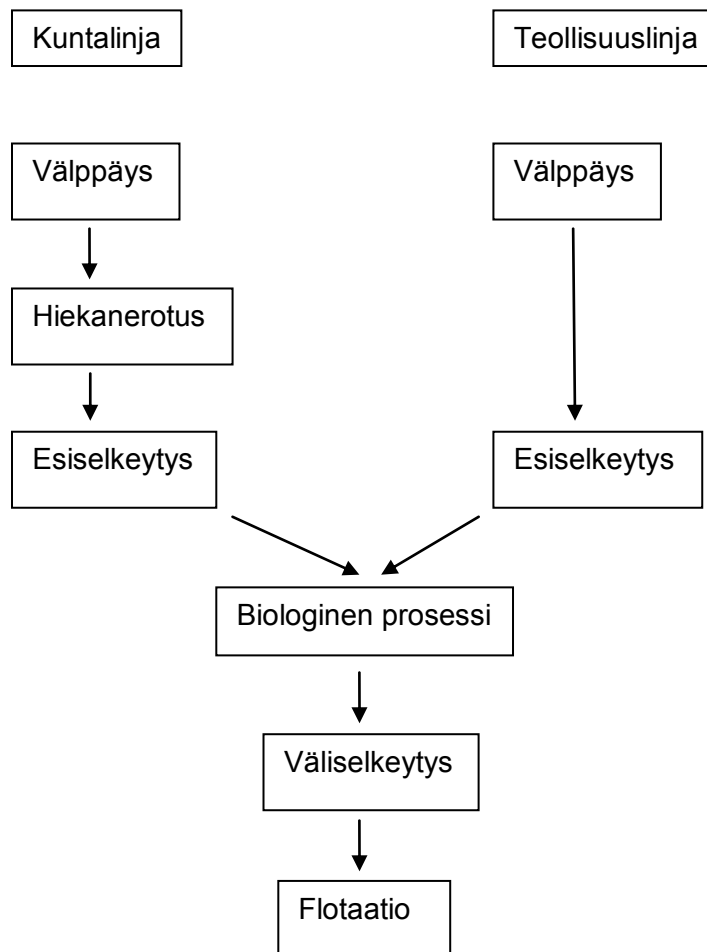
Taulukko 2. Käsitellyn jäteveden fekaalisten koliformien ja fekaalisten enterokokkien pitoisuusarvot (Aluehallintovirasto 2013).

	Pitoisuus (pmy/100ml)	
Fekaaliset koliformit	2000	kolmen kuukauden keskiarvo
Fekaaliset enterokokit	500	kolmen kuukauden keskiarvo

## 2.2 Prosessi

JVP-Eura Oy:n jätevedenpuhdistuslaitos on aktiivilietelaitos, jonka käsittelyprosessi koostuu mekaanisesta, biologisesta ja kemiallisesta käsittelyvaiheesta. Puhdistusprosessin jälkeen vesi puretaan Eurajokeen. (JVP-Eura Oy 2016.)

Jätevedenpuhdistusprosessi on esitetty kuviossa 1. Jätevedet johdetaan puhdistamolle kunta- ja teollisuuslinjoja pitkin ensin mekaaniseen käsittelyvaiheeseen. Kuntalinjan vesi johdetaan välpän ja hiekanerotuksen kautta esiselkeytysaltaalle. Teollisuuslinjan vesi johdetaan välpän kautta esiselkeytykseen. Esiselkeytyksen jälkeen linjojen vedet sekoittuvat ja kulkeutuvat prosessin biologiseen vaiheeseen ilmastukseen. Ilmastuksen jälkeen vedet johdetaan väliselkeytyksen kautta kemialliseen käsittelyvaiheeseen floataatioon. (Sweco Ympäristö Oy 2014.)



Kuvio 1. JVP-Euran jätevedenpuhdistusprosessi (Sweco Ympäristö Oy 2014).

### 2.2.1 Esikäsittely

Jätevedet johdetaan puhdistamolle kunta- ja teollisuuslinjoja pitkin. Puhdistamolle tullessa jätevedet menevät ensin molempien linjojen omille välpille. Kuntalinjan vesi joh-

detaan hiekanerotuksen kautta omaan esiselkeytysaltaaseen. Teollisuuslinjan jätevesi menee väljän jälkeen suoraan omaan esiselkeytysaltaaseen. Kuntalinjan esiselkeytystä voidaan tarpeen vaatiessa tehostaa saostuskemikaali polyalumiinikloridilla ja kiintoaineflokkeja muodostavalla polymeerillä. Esiselkeytysaltaan pohjalta pumpattava päämääriliete ohjataan lietevaraston ja tiivistämön kautta lingottavaksi. (Sweco Ympäristö Oy 2014.)

### 2.2.2 Biologinen prosessi

Esiselkeytyksen jälkeen ennen ilmastusta kunta- ja teollisuuslinjan jätevedet sekoittuvat toisiinsa. JVP:n puhdistamolla on kolme U-muotoista ilmastuslinjaa, joista jokainen on jaettu viiteen lohkokoon. Kahdessa ensimmäisessä lohkokossa tapahtuu anoksisissa olosuhteissa denitrifikaatio. Kolmessa viimeisessä lohkokossa tapahtuu nitrifikaatio aerobisissa olosuhteissa. Nitraattipitoinen jätevesi kierrätetään altaan lopusta takaisin altaan alkuun. Ylijäämäliete pumpataan tiivistämöön. Puhdistamolla on tarpeen vaatiessa mahdollisuus metanolin syöttöön. (Sweco Ympäristö Oy 2014.)

Ilmastusaltaassa jätevedenpuhdistuksen biologisessa prosessissa mikrobit hajottavat orgaanista ainesta. Mikrobit poistavat myös tyypeä nitrifikaation ja denitrifikaation avulla. Nitrifikaatiossa hapellisissa olosuhteissa ammoniumtyyppiyhdisteet hapetetaan nitriiteiksi ja nitriitit nitraateiksi. Denitrifikaatiossa vähähappisissa olosuhteissa nitraatit pelkistetään typpikaasuksi. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2004, 183, 211–213.)

### 2.2.3 Väliselkeytys

Ilmastusaltaiden jälkeen vesi johdetaan kahdelle väliselkeytysaltaalle, joissa kiintoaineen annetaan laskeutua altaan pohjalle. Palautuslietettä pumpataan altaan pohjalta takaisin ilmastuksen jakokanavaan. Ylijäämälietettä voidaan poistaa tarvittaessa. (Sweco Ympäristö Oy 2014.)

#### 2.2.4 Flotaatio

Väliiselkeytyksestä vesi pumpataan tertiäärikäsittelyyn flotaatioaltaalle. Flotaatiossa kiintoainepartikkelit pyritään saamaan altaan pinnalle dispersioveden avulla. Flotaatiota tehostetaan polymeerillä sekä saostuskemikaali polyalumiinikloridilla, joka saostaa fosforia jätevedestä. (Sweco Ympäristö Oy 2014; Pirjo Patala 24.3.2017.)

#### 2.2.5 Lietteet

Lietteet sakeutetaan tiivistämissä. Teollisuuslinjan esiselkeytetty primääriliete kuivataan teollisuuslinjan lingolla. Kuntalinjan lingolla kuivataan kuntalinjan esiselkeytyksen primääriliete, ylijäämäliete väliiselkeytyksestä, flotaatiolietteet sekä välpätyn sakokaivo-lietteet. Kuivauksen apuna lingoilla käytetään polymeeriä. (Sweco Ympäristö Oy 2014.)

### 2.3 Jätevedenpuhdistamon tilanne

Hulevesien sekä suurien ravinne- ja kiintoainekuormitusten aikana puhdistamon väliiselkeytysaltaiden kapasiteetti ei riitä. Tällaisessa tilanteessa puhdistetun jäteveden lupa-arvojen saavuttaminen vaarantuu. (Henkilökohtainen tiedonanto Pirjo Patala 22.11.2016.) Euran kunnan vesihuollon kehittämissuunnitelman kehittämistoimenpiteissä 2010–2020 kehityskohteena ovat: Viemäriverkoston vuotovesiselvitykset ja saneerausohjelma sekä Jätevesiviemäriverkoston saneeraus. Näiden toimien avulla on tarkoitus pienentää puhdistamolle tulevaa hule- ja vuotovesien aiheuttamaa kuormitusta. (AIRIX Ympäristö Oy 2010.) Toimenpiteet eivät kuitenkaan yksinään riitä parantamaan väliiselkeytyksen kapasiteettiongelmia, vaan puhdistamolla toteutetaan laajennuksen kolmas vaihe. Kiekkosuotimen koeajolla on tarkoitus etsiä vaihtoehtoisia prosessin parannuskeinoja väliiselkeytysaltaiden laajennukselle. (Henkilökohtainen tiedonanto Pirjo Patala 22.11.2016.) Kolmanteen laajennusvaiheeseen kuuluu suunnitelman mukaan myös tasausaltaiden rakentaminen, esikäsittelyn modernisointi sekä vanhan puhdistamorakennuksen saneeraus. (Patala 2016.)

### 3 KIEKKOSUODIN

Kiekkosuotimen teoria perustuu valmistajilta saatuihin materiaaleihin heidän tuotteistaan, koska kiekkosuotimesta löytyy vain vähän kirjallisuutta. Kappaleissa 3.1 DynaDisc, Nordic Water Products AB ja 3.2 Disk Filter, Mecana Umwelttechnik GmbH on esitelty kaksi erilaista kiekkosuodinta.

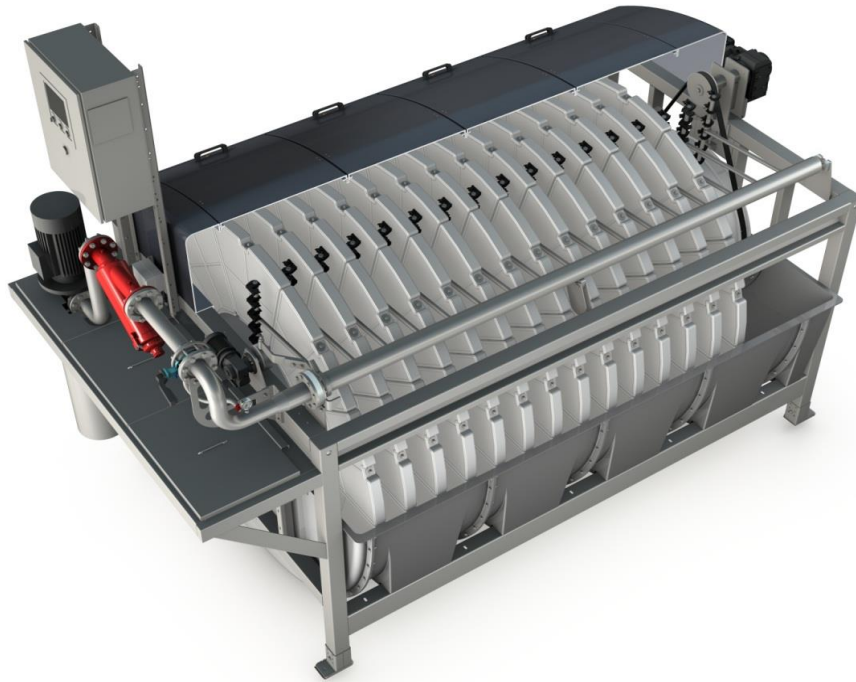
Yleisesti ottaen suodatuksessa vesi johdetaan suodatinmateriaalin läpi, jolloin kiinteät epäpuhtaudet jäävät materiaalin pinnalle tai pidäytyvät syvemmälle materiaalille (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2004,107).

Yritykset tarjoavat kiekkosuodinta kiintoaineen ja fosforin poistoon. Epäorgaanisessa muodossa olevan fosforin poisto suoritetaan kemiallisesti saostamalla. Kiintoaineen erottumista voidaan parantaa kasvattamalla kiintoaineflokin kokoa polymeerillä. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2004, 133, 136, 142.)

#### 3.1 DynaDisc, Nordic Water Products AB

Kiekkosuodatinta käytetään suspendoituneen kiintoaineen poistoon vedenkäsittelyprosesseissa (Nordic Water 2012).

Kiekkosuodin koostuu roottorin rumpuun kiinnitetyistä kiekkoista ja kiekot irrotettavista suodatinkaseteista. Kasetin molemmilla puolilla on suodatinkangas. Kiekot ovat upotettuina roottorin sisäpuolelle noin 60 % ja ovat 40 % sen ulkopuolella. Kankaiden reikäkoko on yleensä 10–100 µm. (Nordic Water 2012.) Kiekkosuodin on kuvattuna kuvassa 1.



Kuva 1. DynaDisc-kiekkosuodin (Laihonen 2016).

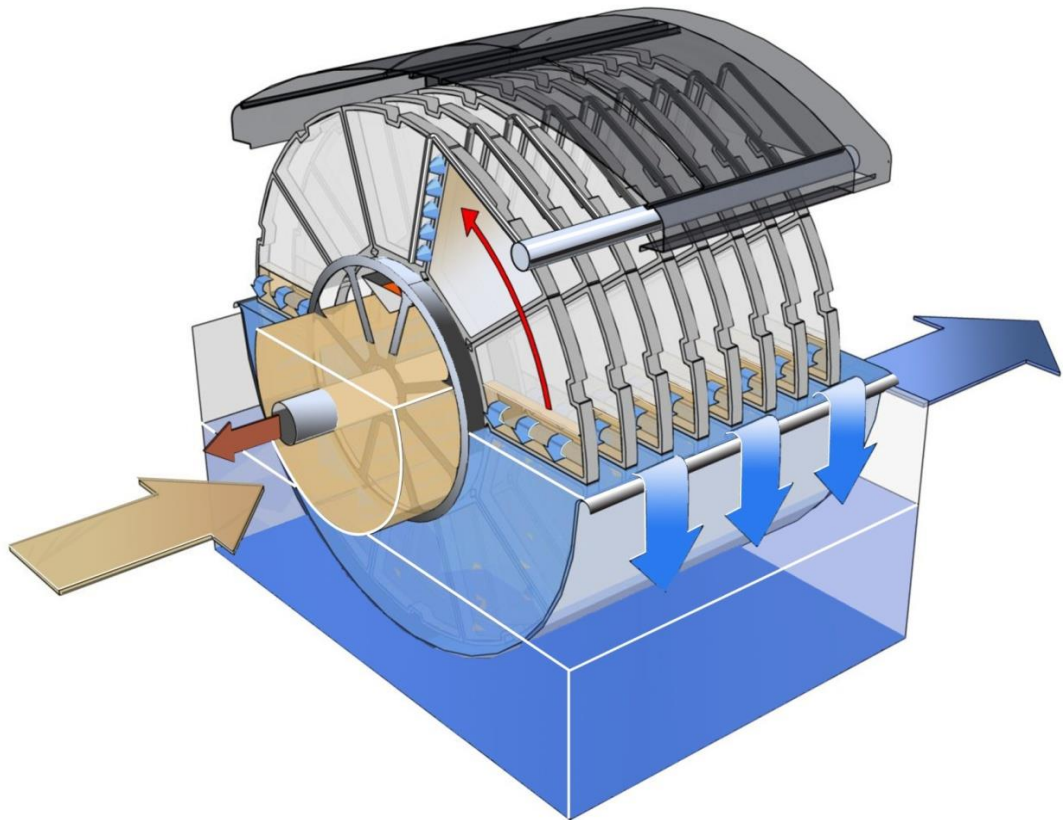
Sisään tuleva puhdistettava vesi ohjataan sisääntulokanavaan, jonka kautta vesi pääsee kasetteihin roottorin rummun aukkojen läpi. Vesi kulkeutuu painovoimaisesti kasettien suodatinkankaiden läpi kiintoaineiden kertyessä kankaisiin. (Nordic Water 2012.)

Suodatinkankaiden automaattinen puhdistus alkaa, kun kiintoaine tukkii kankaat niin että vedenpinta tulokanavassa nousee määritetylle tasolle. Pinnankorkeusanturi aktivoi ohjausjärjestelmän, joka käynnistää vastavirtahuuhtelupumpun ja viiveellä roottorin. Roottori alkaa pyöriä, jonka jälkeen kerääntynyt kiintoaines kulkeutuu suodatinkankaiden vastavirtahuuhtelulla suodattimen sisällä olevaan poistokouruun. Poistokourusta kiintoaines menee poistoputkeen. (Nordic Water 2012.)

Vastavirtahuuhteluun käytetään laitteen puhdistamaa suodosta. Huuhtelun toistumistiheys riippuu kiintoainekuormituksesta. Kiekkosuodatin on jatkuvatoiminen eli sen toiminta ei keskeydy vastavirtahuuhtelun aikana. (Nordic Water 2012.)

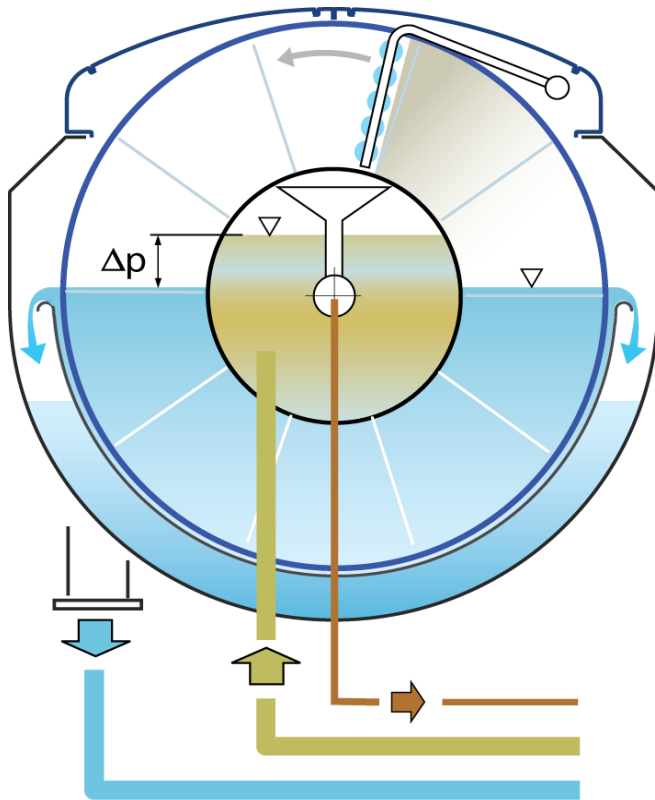
Kiekkosuotimen toimintaperiaate on esitetty kuvassa 2. Vaaleanruskea iso nuoli kuvaa suotimelle tulevaa puhdistettavaa vettä. Siniset nuolet ovat puhdistettua vettä ja ruskea nuoli rejektivettä.





Kuva 2. Kiekkosuotimen toimintaperiaate (Laihonen 2016).

Kuvassa 3 on esitettynä kiekkosuotimen toimintaperiaate poikkileikkauskuvana. Vaaleanvihreä nuoli kuvaa kiekkosuotimelle tulevaa vettä. Sininen nuoli on puhdistettu vesi ja ruskea nuoli on kiekkosuotimelta tuleva rejektivesi.



Kuva 3. Kiekkosuotimen toimintaperiaate poikkileikkauksena (Laihonen 2016).

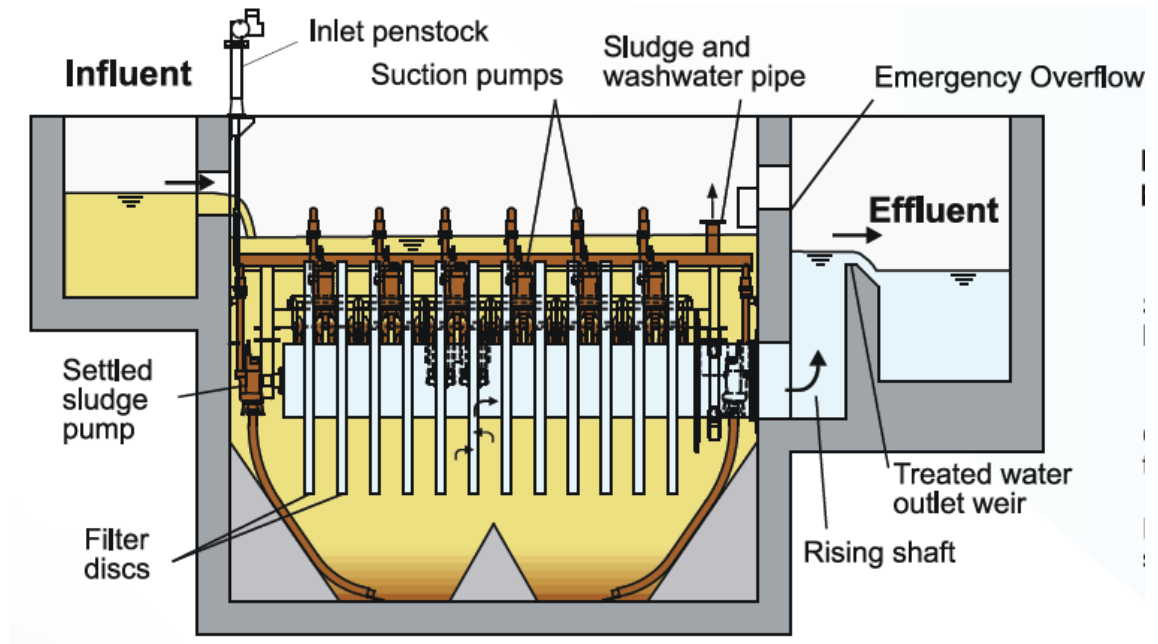
Yritys tarjoaa kiekkosuodinta moniin käyttökohteisiin, kuten juomaveden valmistuksen esisuodattukseen, jätevedenpuhdistukseen fosforin ja kiintoaineen poistoon sekä hulevesien käsittelyyn ja sovellutuksiin eri teollisuuden aloilla (Laihonen 2016).

### 3.2 Disk Filter, Mecana Umwelttechnik GmbH

Kiekkosuodatinta käytetään kiintoaineen ja fosforin poistoon (Süsser 2015; Mecana 2015). Kiekkosuodatin on jatkuvatoiminen, toisin sanoen vastavirtahuuhtelu ei keskeytä suodatusprosessia (Mecana 2015).

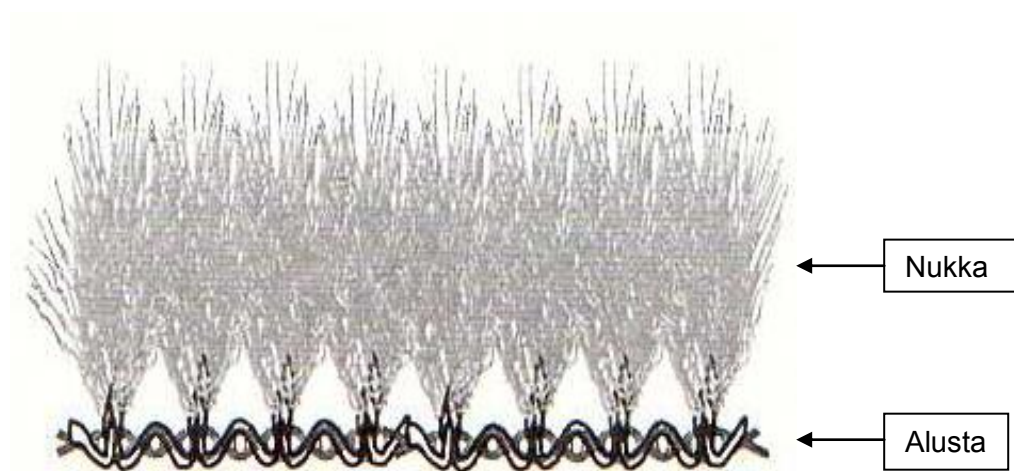
Jätevesi ohjataan altaaseen, jossa kiekkosuodatin on kokonaan vedenpinnan alapuolella (Mecana; Henkilökohtainen tiedonanto Hannu Turunen 22.2.2017). Siellä vesi kulkeutuu kiekkosuodattimen suodatinkankaan ulkopuolelta sisäpuolelle. Jätevedessä oleva kiintoaine tarttuu kiekkosuodattimella olevalle suodatinkankaalle, jonka nukat ovat vaakatasossa muodostaen tiiviin suodatuskerroksen. (Mecana.) Puhdistettu jätevesi kulkeutuu kiekkosuodattimen sisällä olevan putken kautta poistoaltaaseen. (Mecana.) Jäteveden kulkeutuminen kiekkosuodattimella on kuvattu kuvassa 4.

Suodatinkankaalle jäävä kiintoaine kasvattaa tulevan ja lähtevän veden pinnantason eroa. Kun tämä ero saavuttaa asetetun tavoitearvon, kiekkosuodattimen pesu alkaa. Kiekko pyörii hitaasti samalla kun vastavirtahuhtelu ja imulaatikko poistavat kiintoaineen kankaalta. Pesuvesi voidaan palauttaa edeltäviin prosessin vaiheisiin. Altaan pohjalle painunut kiintoaine pumpataan pois. (Mecana.)



Kuva 4. Poikkileikkaus kiekkosuodattimesta (Mecana).

Kiekkosuodattimen kangas koostuu paksusta kerroksesta nukkamaista mikrokuitua (Turunen & Süsser 2016). Kankaan rakennetta on kuvattu kuvissa 5. ja 6.



Kuva 5. Piirroskuva Pile Cloth - kiekkosuodatinkankaasta (Turunen & Süsser 2016).



Kuva 6. Valokuva Pile Cloth - kiekkosuodatinkankaasta (Turunen & Süsser 2016).

Yritys tarjoaa kiekkosuodinta moniin eri käyttökohteisiin, kuten jätevedenpuhdistuslaitoksille, eri alojen teollisuusvesille sekä teiden valumavesille. (Mecana 2015.)

### 3.3 Referenssit jätevedenpuhdistuslaitoksilta

Kiekkosuotimen käyttökokemuksia kysyttiin jätevedenpuhdistamoilta, joilla on puhdistusprosessissaan käytössä kiekkosuodin. Kysely suoritettiin ottamalla yhteyttä valituille jätevedenpuhdistuslaitoksille ja vastaukset kysymyksiin saatiin sähköpostilla. Jätevedenpuhdistuslaitoksilta kysytyt kysymykset ovat:

- Millainen jätevedenpuhdistusprosessi laitoksella on?
- Millaisia vesiä laitokselle tulee (yhdyskunta/teollisuus)?
- Missä kohdassa prosessia kiekkosuodin on? Testattiinko sitä eri paikoissa?
- Miten päädyitte kiekkosuotimeen?
- Onko kiekkosuodin toiminut hyvin? Onko ollut ongelmia?
- Millainen huollontarve kiekkosuotimella on?

#### 3.3.1 Lapuan Jätevesi Oy

Lapuan Jätevesi Oy:n jätevedenpuhdistamolla puhdistetaan Lapuan ja Nurmon keskustojen, Tepon, Kuortaneen, Tiistenjoen, Atrian Nurmon lihakylän ja Chemigate Lapu-

an tehtaan jätevedet (Lapuan Jätevesi 2016). Puhdistamolle tuleva jätevesi koostuu asumajätevesistä 25 %, tärkkelyksen modifiointilaitoksen jätevedestä 5 % ja teurastamo/elintarviketehtaan jätevedestä 70 % (Henkilökohtainen tiedonanto Olli Keski-Saari 9.2.2017).

Jätevedenpuhdistuslaitos on rakennettu vuonna 1975. Puhdistamon laajennus suoritettiin vuosina 1992–1993 ja viimeksi puhdistamoa päivitettiin vuonna 2013 (Lapuan Jätevesi 2016.) Jäteveden puhdistusprosessi on kaksivaiheinen biologinen nitrifioiva kokonaistyyppiä poistava aktiivilieteprosessi, jossa on rinnakkaissaostus ferrosulfaatilla (Henkilökohtainen tiedonanto Olli Keski-Saari 9.2.2017). Ensimmäisessä biovaiheessa on denitrifikaatio ja toisessa biovaiheessa nitrifikaatio (Lapuan Jätevesi 2016). Prosessia täydennettiin vuonna 2013 PAC:lla suoritettavalla kemiallisella jälkisaostuksella, flotaatiolla ja kiekkosuodatuksella. (Henkilökohtainen tiedonanto Olli Keski-Saari 9.2.2017.) Puhdistetut jätevedet lasketaan Lapuanjokeen (Aluehallintovirasto 2010).

Mecana Uwt Ag –kiekkosuodin on jätevedenpuhdistamon puhdistusprosessin lopussa. Lapuan Jätevesi Oy:n toimitusjohtajan Olli Keski-Saaren mukaan kiekkosuodinta testattiin jäteveden puhdistusprosessissa I biovaiheen ja II biovaiheen selkeytetylle vedelle sekä PAC-jälkisaostetulle ja laskeutetulle II biovaiheen selkeytetylle vedelle. Kiekkosuotimen erinomainen kapasiteetti/footprint, edullinen hankintahinta, olemattomat käyttökustannukset, pieni headloss eli laite ei vaatinut ylimääräistä pumppausta sekä vakuuttavat tulokset valmistajan puoliteknisen mittakaavan koelaitteella olivat Keski-Saaren mukaan syyt kiekkosuotimen hankintaan. Keski-Saari sanoo kiekkosuotimen vastanneen odotuksia, lähtevän veden sameus on tyypillisesti 1-3 FTU ja lähtevä fosfori alle 0,1 mg/l. Ongelmia kiekkosuotimen kanssa ei ole ollut sen jälkeen kun flotaatio saatiin viritettyä toimimaan kunnolla. Keski-Saaren mukaan 3,5 vuoden aikana kiekkosuotimen huollontarve on ollut käytännössä nolla. (Henkilökohtainen tiedonanto Olli Keski-Saari 9.2.2017.) Kuvassa 7. on kuvattuna jälkikäsittelyn suodatin Lapuan Jätevesi Oy:n jäteveden puhdistuslaitoksella.





Kuva 7. Jälkikäsittelyn suodatin Lapuan Jätevesi Oy:n jäteveden puhdistuslaitoksella (Lapuan Jätevesi 2016).

### 3.3.2 Nivos Vesi Oy

Nivos Vesi Oy toimi aikaisemmin nimellä Mäntsälän Vesi Oy (Nivos 2017). Mäntsälän jätevedenpuhdistuslaitoksella puhdistetaan Mäntsälän kirkonkylän, Pukkilan kunnan ja Sälinkään alueen viemäroidyt jätevedet. Laitos vastaanottaa haja-asutuksen sako- ja umpikaivoliettteitä sekä Saaren maatalousoppilaitoksen puhdistamolietteet. Käsitellyt vedet lasketaan Mäntsälänjokeen. (Ramboll Finland Oy 2016.)

Mäntsälän Kirkonkylän jätevedenpuhdistamo on valmistunut vuonna 1972, jonka jälkeen laitos on saneerattu vuosina 2001–2002 ja 2012. Jätevedenpuhdistuslaitos on esiselkeytyksellä varustettu kaksilinjainen rinnakkaissaostuslaitos. (Nivos Oy 2016; Ramboll Finland Oy 2016). Puhdistamolle tuleva jätevesi on pääsääntöisesti yhdyskuntajätevettä. Alumiinitölkkitehdas ja pesula tuottavat noin 15 % tulevasta jätevedestä. (Henkilökohtainen tiedonanto Sari Rajajärvi 24.2.2017.)

Nivos Vesi Oy:n Vesihuoltopäällikkö Sari Rajajärvi kertoo, että jätevedenpuhdistamolla oli tehtävä tehostustoimenpiteitä uuden ympäristöluvan myötä. He selvittivät jälkikäsittelymahdollisuutta ja ottivat vertailuun kiekkosuotimen, hiekkasuodatuksen ja flotaation. Rajajärven mukaan kustannus ja tilan tarve olivat merkittävimmät tekijät kiekkosuotimen päätymisessä. (Henkilökohtainen tiedonanto Sari Rajajärvi 24.2.2017.)

Nordic Waterin valmistama kiekkosuodin on tarkoitus sijoittaa jälkiselkeytyksen jälkeen tertiäärikäsittelyksi. Muuta sijoituskohtaa kiekkosuotimelle ei harkittu. (Henkilökohtainen tiedonanto Sari Rajajärvi 24.2.2017.)

Kiekkosuotimien käyttöönotto on viivästynyt Mäntäsälän jätevedenpuhdistamolla. Alustavasti kiekkosuotimet asennetaan kesällä ja laitos tulisi käyttöön loppuvuodesta 2017. (Henkilökohtainen tiedonanto Sari Rajajärvi 17.2.2017.)

## 4 KOEJÄRJESTELY

JVP-Eura Oy on valinnut Hyxo Oy:n toimittaman Nordic Water Products AB:n kiekkosuotimen koelaitteiston koeajoa varten. Koeajot suoritettiin 16.11.2016 – 24.2.2017.

### 4.1 Koelaitteisto

Koelaitteisto koostuu yhdestä kiekkosuodin kiekosta, jossa on 10 suodatinkasettia. Kiekon tehollinen pinta-ala on 5,6 m<sup>2</sup>. (Henkilökohtainen tiedonanto Mika Laihon 16.11.2016.) Koeajon loppuvaiheessa kiekolle vaihdettiin kasetit, joiden suodatinkankaassa on suurempi reikäkoko.

Kiekkko on asennettuna konttiin, jossa on kiekon ohjaamista varten automaatiojärjestelmä. Kiekon lisäksi kontissa on koeajon suorittamista varten tarvittavat kaksi allasta, joihin tuleva vesi johdetaan. Ensimmäiseen altaaseen syötetään käytettäessä saostuskemikaalia ja toiseen altaaseen polymeeriä. (Henkilökohtainen tiedonanto Mika Laihon 16.11.2016.) Kontti on asetettu toisen kontin päälle, jotta puhdistettuun veteen ja rejektiveteen saadaan painovoimainen virtaus. (Henkilökohtainen tiedonanto Jukka Valtonen 16.11.2016.) Konttiin vietiin sähkölämmitin estämään laitteiden jäätyminen talviolosuhteissa. Koelaitteisto on kuvattuna ulkopuolelta kuvassa 8. ja sisäpuolelta kuvassa 9.





Kuva 8. Koelaitteisto kuvattuna ulkopuolelta (Virtanen 2016).



Kuva 9. Koelaitteisto kuvattuna sisäpuolelta (Virtanen 2016).

## 4.2 Koeajopöytäkirja

Koeajopöytäkirja saatiin laitetoimittajalta ja sitä sovellettiin laitetoimittajan ehdotusten mukaisesti. Koeajopöytäkirjassa lukee virtausnopeuden, saostuskemikaalin ja polymerin arvot, joilla kiekkoa ajetaan kussakin koeajossa. Koeajopöytäkirjaan kirjataan kiekkosuotimelle tulevasta ja lähtevästä vedestä mitattavat kiintoaine, kokonaisfosfori ja kemiallinen hapenkulutus. Pöytäkirjaan merkitään myös kiekkosuotimen pesun kesto ja pesujen välinen aika. Koeajopöytäkirja on liitteenä 1. ja ote koeajopöytäkirjasta on taulukossa 3.

Taulukko 3. Ote kiekkosuotimen koeajopöytäkirjasta.

## DynaDisc koeajo

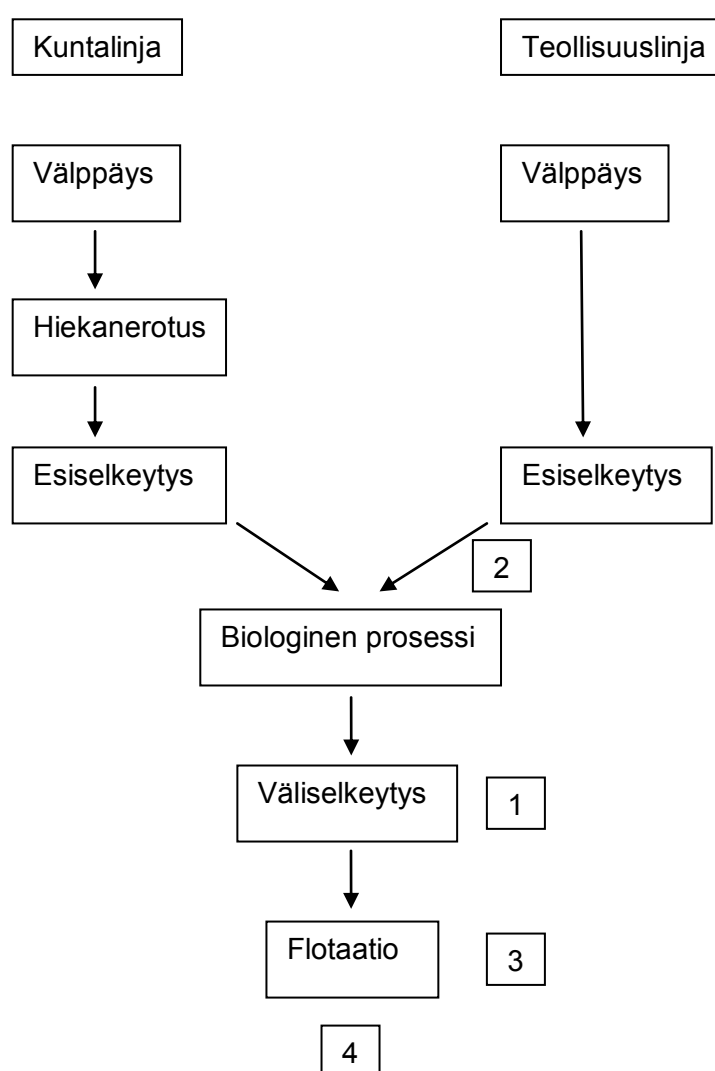
Polymer 0,0645 mg/l  
PAX 1,37 g/m<sup>3</sup>  
PIX 1,50 g/m<sup>3</sup>

Q <sub>in</sub> m <sup>3</sup> /h	Polymer g/m <sup>3</sup>	Polymer l/h	Flocculation PAX/PIX g/m <sup>3</sup>	Flocculation PAX ml/h	SS <sub>in</sub> mg/l	P <sub>totin</sub> mg/l	COD <sub>in</sub> mg/l	SS <sub>out</sub> mg/l	P <sub>totout</sub> mg/l	COD <sub>out</sub> mg/l	Wash ON s	Wash OFF s
5												
10												
15												
20												
25												
30												
35												
40												
5	0,5	3,88										
10	0,5	7,75										
15	0,5	11,63										
20	0,5	15,50										
25	0,5	19,38										
30	0,5	23,26										
35	0,5	27,13										
40	0,5	31,01										
5	0,5	3,88	20	73,0								
10	0,5	7,75	20	146,0								
15	0,5	11,63	20	219,0								
20	0,5	15,50	20	292,0								
25	0,5	19,38	20	365,0								
30	0,5	23,26	20	438,0								
35	0,5	27,13	20	510,9								
40	0,5	31,01	20	583,9								

### 4.3 Koeajopositiot

Kiekkosuodinta koeajetaan neljässä eri jätevedenpuhdistusprosessin positioissa: väliselkeytyksen rinnalla, esiselkeytyksen jälkeen, flotaation rinnalla sekä flotaation jälkeen. (Henkilökohtainen tiedonanto Pirjo Patala 19.12.2016)

Kuviossa 2. on esitetty kiekkosuotimen positiot jätevedenpuhdistusprosessissa. Numero 1 on kiekkosuodin väliselkeytyksen rinnalla, 2 on esiselkeytyksen jälkeen, 3 on flotaation rinnalla ja 4 on flotaation jälkeen.



Kuvio 2. Kiekkosuotimen koeajopositiot jätevedenpuhdistusprosessissa.

Väliselkeytyksen rinnalla kiekkosuodin parantaisi väliselkeytyksen kapasiteettia, kun osa vesistä puhdistettaisiin kiekkosuotimella ja johdettaisiin sen jälkeen flotaatioon. Esiselkeytyksen jälkeisessä vedessä kiekkosuodin toimisi apuna poikkeustilanteissa, joissa biologisen prosessin suojaaminen vaatisi sen ohittamisen. Kiekkosuodin toimisi ohitettavien vesien käsittelynä ennen johtamista väliselkeytykseen. Kiekkosuotimen sijoittaminen flotaation rinnalle toimisi puhdistusprosessin tertiäärikäsittelynä flotaation huollon tai ongelmatilanteiden aikana. Flotaation jälkeen kiekkosuodin toimisi vielä viimeisenä puhdistusprosessina, jos laitoksen tertiäärikäsittelynä oleva flotaatio ei toimisi kunnolla. (Henkilökohtainen tiedonanto Pirjo Patala 19.12.2016.)

#### 4.4 Kemikaalit

Polymeerinä käytetään puhdistamalla flotaatiossa käytettävää Superfloc -polymeeriä, jonka annostelukonsentraatioksi on arvioitu 0,0645 %.

Laitetoimittajan tekemän koeajosuunnitelman mukaisesti saostuskemikaalina kiekkosuotimella käytettiin ensin puhdistamalla käytettävää polyalumiinikloridia PAX-18. Laitetoimittajan ehdotuksesta saostuskemikaali vaihdettiin ferrisulfaattiin PIX-105.

Kiekkosuotimella käytettävän polymeerin ja saostuskemikaalin määrä riippuu halutun annostelun suuruudesta ja kiekkosuotimelle pumpattavan veden virtauksesta. Kemikaalimäärät lasketaan jokaiselle tapaukselle erikseen. Polymeeripumpussa on prosentuaalinen asteikko, joten tulevan polymeerin määrä on mitattava kiekkosuotimella. Jokaiselle virtaukselle ja halutulle polymeerimäärälle on laskettu polymeerin virtausnopeus. Esimerkiksi virtauksella  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  ja polymeerillä 1,5 ppm polymeerin pumppausnopeuden tulisi olla 155 sekuntia/litra. Saostuskemikaalin pumppuun asetetaan pumpattava kemikaalimäärä yksikössä ml/h. Haluttu kemikaalin määrä ilmoitetaan kuitenkin koeajosuunnitelmassa yksikössä  $\text{g}/\text{m}^3$ . Saostuskemikaalin määrän laskemiseen vaikuttaa tulevan veden virtauksen ja halutun kemikaalipitoisuuden lisäksi käytetty kemikaali. Esimerkiksi virtauksella  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  ja saostuskemikaali PIX:illä  $20 \text{ g}/\text{m}^3$  pumpulle säädetty syötön suuruus on 133 ml/h.

#### 4.5 Näytteenotto ja näytteiden analysointi

Koeajosuunnitelman mukaisesti kiekkosuotimelle tulevasta ja kiekkosuotimelta lähtevästä vedestä otetaan näytteet. Näytteistä analysoidaan kokonaisfosfori, kiintoaine ja kemiallinen hapenkulutus. Näytteet analysoidaan puhdistamon laboratorion omilla laitteilla. Tulevan veden näyte otetaan samasta kohtaa, josta vesi pumpataan kiekkosuotimelle. Lähtevän veden näyte otetaan putken päästä, joka johtaa puhdistettua vettä kiekkosuotimelta eteenpäin.

Näytteet otetaan, kun laitetta on ajettu noin tunnin ajan halutulla virtaamalla. Näytepulloihin kirjataan näytteenoton päivämäärä, virtauksen suuruus, käytettyjen kemikaalien annostus sekä onko näyte tulevasta vai lähtevästä vedestä. Näytepulloja on kuvassa 10.



Kuva 10. Vesinäytepulloja (Virtanen 2016).

##### 4.5.1 Kiintoaine SS

Kiintoaineen määrä vesinäytteessä analysoidaan standardin SFS-EN 872 Vedenlaatu, kiintoaineen määrittäminen, suodatus lasikuitusuodattimella ohjeiden mukaisesti. Näytteen ja suodattimen annetaan tasoittua huoneenlämmössä. Suodatin punnitaan, jonka jälkeen se asetetaan imusuppiloon (kuva 12). Imusuppilo liitetään paineletkuun. Näyte sekoite-

taan hyvin ennen sen siirtämistä mittalasiin. Näyte kaadetaan suodatinlaitteistossa olevalle suodattimelle. Kun suodatin on melkein kuiva, paine poistetaan laitteistosta. Suodatin siirretään pinseteillä kuivatusalustalle. Suodatinta kuivataan uunissa 105 °C asteessa kahden tunnin ajan (kuva 11). Kuivatuksen jälkeen suodattimen annetaan ta-soittua ilman kanssa, jonka jälkeen se punnitaan. (Standardi SFS-EN 872.)

Kiintoainepitoisuus saadaan vähentämällä puhtaan suodattimen massa kuivatetun suodattimen massasta ja jakamalla tämä tulos näytteen tilavuudella. Tulos kerrotaan vielä 1000, jotta vastaus saadaan sopivassa yksikössä. Laskentakaava on esitetty kaavassa 1.

$$\rho = \frac{1000 * (b - a)}{V}$$

jossa

$\rho$ = kiintoaineen pitoisuus [mg/l]

b= suodattimen massa suodatuksen jälkeen [mg]

a= suodattimen massa ennen suodatusta [mg]

V= näytteen tilavuus [ml]

Kaava 1. Kiintoainepitoisuuden laskeminen. (SFS-EN 872).

Testein on todettu näytteen sopivimmaksi tilavuudeksi 150 ml. Näyte myös punnitaan tarkemman tilavuuden varmistamiseksi. Standardin mukaan 1 g näytettä vastaa 1 ml. (Standardi SFS-EN 872.) Suodattimena käytetään Whatman Glass microfiber filter GF/A 1,2 µm. Ensin suodattimien kuivatusalustana käytettiin foliota, mutta suodattimet jäivät siihen kiinni kuivatuksen aikana. Sopivaksi alustaksi osoittautui leivinpaperi.



Kuva 11. Kiintoaineen määrittäksessä käytettävä uuni (Virtanen 2016).



Kuva 12. Kiintoaineen määrittäksessä käytettävä imusuppilo (Virtanen 2016).

#### 4.5.2 Kokonaisfosfori $P_{\text{tot}}$

Kokonaisfosforin määrä vesinäytteessä analysoidaan kyvetimenetelmällä Hach Lange LASA 50 –laitteella (kuva 14). Kyvetiin pipetoidaan 2 ml vesinäytettä, jonka jälkeen kyvetiä ravistetaan muutaman kerran. Kyvetiä lämmitetään lämmittimessä 100 °C asteessa tunnin ajan (kuva 13). Tämän jälkeen kyvetin annetaan jäähtyä huoneenlämpöiseksi. Jäähtymisen jälkeen kyvetiä ravistetaan ennen kuin siihen pipetoidaan reagenssia 0,2 ml. Kyvetiin kierretään mukana tullut toinen korkki. Kyvetiä käännellään muutaman kerran, jotta reagenssi sekoittuu. 10 minuutin vaikutusajan jälkeen kyvetiä käännellään pari kertaa. Puhdistamisen jälkeen kyveti asetetaan analyysilaitteeseen. Laite lukee kyvetissä olevan viivakoodin, jonka perusteella se valitsee oikean ohjelman näytteen tulkitsemiseksi. Laitteen näytölle tulee analyysin tulos. (DR Lange 2000; Hach Lang 2013.)

#### 4.5.3 Kemiallinen hapenkulutus COD

Kemiallinen hapenkulutus vesinäytteessä analysoidaan kyvetimenetelmällä Hach Lange LASA 50 –laitteella (kuva 14). Aluksi kyvetiä sekoitetaan, jotta pohjalle painunut sakka liukenee takaisin nesteeseen. Tämän jälkeen kyvetiin pipetoidaan 2 ml näytettä, joka muutaman kerran käänntelemällä sekoitetaan nesteeseen. Kyvetiä lämmitetään lämmittimessä 148 °C asteessa kahden tunnin ajan (kuva 13). Lämmitysajan päätyttyä kyvetiä käännellään kaksi kertaa. Kyvetin annetaan jäähtyä huoneenlämpöiseksi. Tämän jälkeen kyveti puhdistetaan ja asetetaan analyysilaitteeseen. Laite lukee kyvetissä olevan viivakoodin, jonka perusteella se valitsee oikean ohjelman näytteen tulkitsemiseksi. Laitteen näytölle tulee analyysin tulos. (DR Lange 2000; Hach Lang 2001.)





Kuva 13. Kokonaisfosforin ja kemiallisen hapenkulutuksen määrittämiseen käytettävä kuivahaude (Virtanen 2016).



Kuva 14. Kokonaisfosforin ja kemiallisen hapenkulutuksen määrittämiseen käytettävä kyvetin lukulaite (Virtanen 2016).

## 5 KOEAJON TULOKSET

Koeajon tulokset riippuivat kiekkosuotimen sijainnista, suodatinkankaan reikäkoosta, käytetyistä saostuskemikaali- ja polymeerimääristä sekä jätevedenpuhdistamolle tulevan jäteveden koostumuksesta.

Kiintoaineen ja kokonaisfosforin osalta reduktio on hyvä poistotehon ollessa 80–100%. Kemiallisen hapenkulutuksen reduktio on normaalisti 20–30 % (Henkilökohtainen tiedonanto Mika Laihonon 23.3.2017.), joten poistotehon ylittäessä 30 %, tulos on hyvä.

Esiselkeytyksestä lähtevästä vedestä saatiin kiekkosuotimella parhaat puhdistustulokset, kun polymeeriä syötettiin 2,5 ppm, saostuskemikaalia 600 g/m<sup>3</sup> ja käytössä oli suurempi kangaskoko. Tällöin kiintoaineen reduktio oli välillä 60–90 %, kokonaisfosforin reduktio noin 90 % ja kemiallisen hapenkulutuksen 40–70 %. Väliselkeytyksestä lähtevästä vedestä saatiin parhaat puhdistustulokset, kun polymeeriä syötettiin 1,5 ppm ja saostuskemikaalia 20 g/m<sup>3</sup>. Kiintoaineen reduktio oli 80 %:sta lähelle 100 %, kokonaisfosforin reduktio 90–100 % välillä sekä kemiallisen hapenkulutuksen 50 %. Flotaatiosta lähtevästä vedestä ajettiin vain yksi koeajo, ilman kemikaaleja. Puhdistustulokset olivat kiintoaineelle välillä 70–100 % ja kokonaisfosforille välillä 60–90 %. Kemiallista hapenkulutusta ei analysoitu. Positiosta väliselkeytyksen rinnalla ei otettu vesinäytteitä.

Osassa koeajoista kiekon kankaat tukkeutuivat, erityisesti suuremmilla virtaamilla, jolloin vesi ei kulkeutunut niin nopeasti eteenpäin. Samalla kiekon pesu oli jatkuvaa, jolloin altaan vedenpinta nousi ylivuotoanturiin asti. Tämä aiheutti hälytyksen laitteessa ja laski tulevan veden virtausnopeutta. Tästä syystä osasta koeajoista ei saatu näytteitä.

Seuraavaksi tekstissä vesinäytteiden analyysitulokset on esitetty tarkemmin positioiden mukaan.

### 5.1 Väliselkeytyksen rinnalla

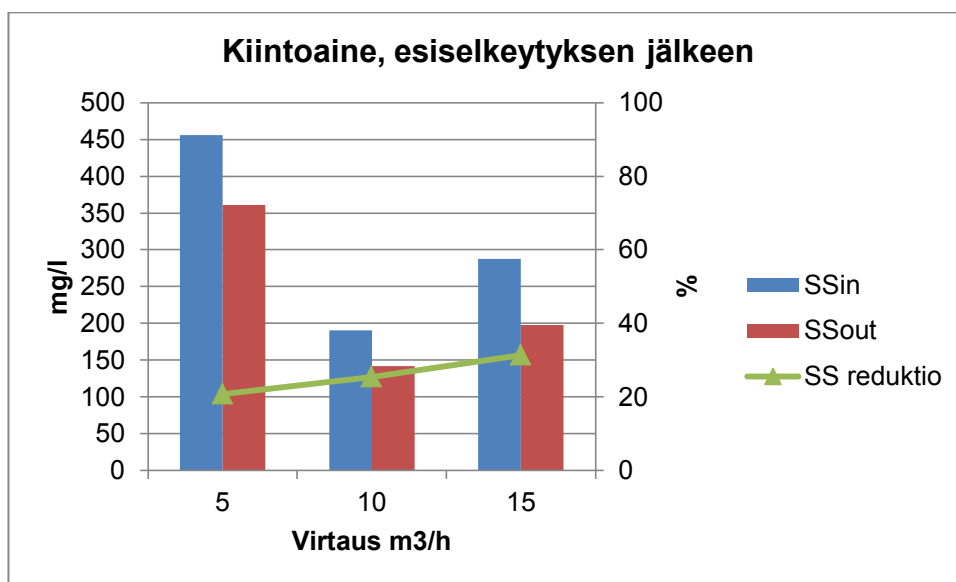
Ensin kiekkosuodinta koeajettiin väliselkeytyksen rinnalla. Jo ennen kuin varsinaisia koeajoja aloitettiin, huomattiin ettei kiekkosuodin sovi väliselkeytyksen rinnalle. Väliselkeytykseen tuleva kiintoainekuorma oli niin suurta, että puhdistamolle mitoitettun kiekkosuodinallaitteiston koko ei olisi järkevä ja kustannustehokas. (Henkilökohtainen tiedonanto Mika Laihonon 16.11.2016.)

Koeajosta väliselkeytyksen rinnalla ei otettu näytteitä.

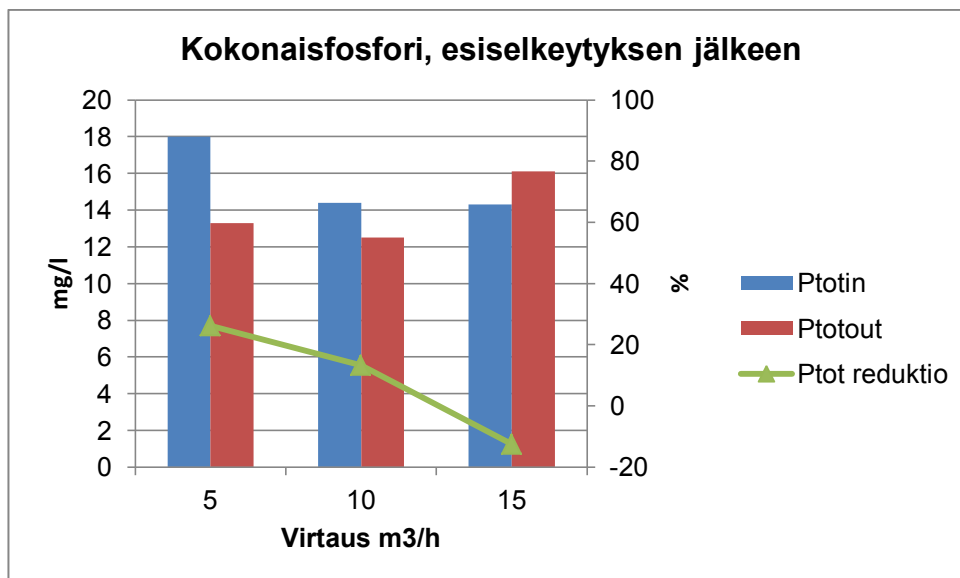
## 5.2 Esiselkeytyksen jälkeen

Seuraavassa koeajossa vesi pumpattiin esiselkeytyksen jälkeisestä kaivosta. Kiintoainemäärän oletettiin olevan pienempi esiselkeytyksen jälkeen ennen biologista prosessia kuin biologisen prosessin jälkeen väliselkeytyksessä. (Henkilökohtainen tiedonanto Mika Laihon 12.12.2016.)

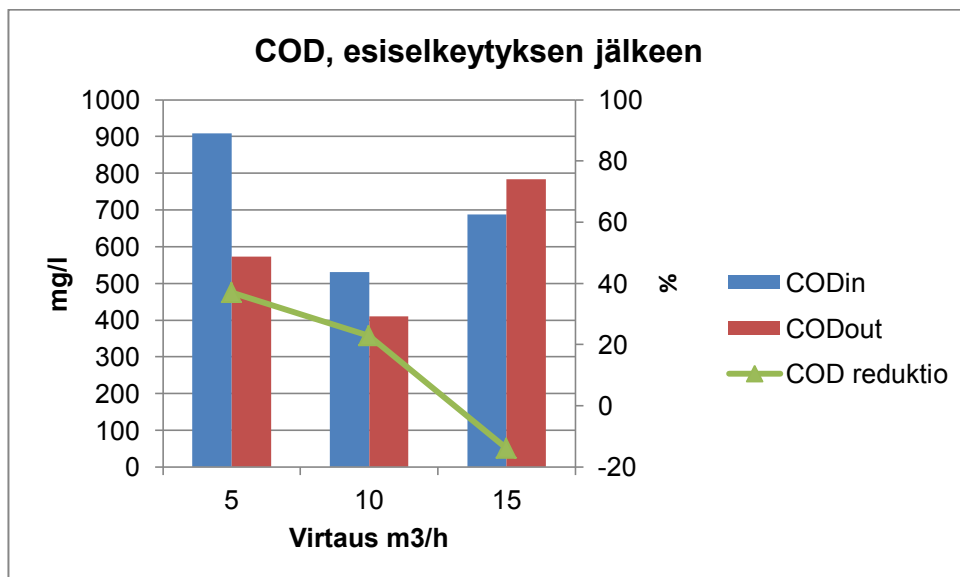
Ensimmäinen koeajo suoritettiin ilman kemikaaleja 12–13.12.2016. Koeajon aikana puhdistamolle alkoi tulla poikkeuksellisen suurta kiintoainekuormaa, joka vaikeutti koeajoa. Kaikkien kolmen parametrin (kiintoaine, kokonaisfosfori ja kemiallinen hapenkulutus) reduktiotulokset jäivät alhaisiksi. Tulokset on esitetty kuvioissa 3, 4 ja 5.



Kuvio 3. Kiintoaineen mittaustulokset ilman kemikaaleja esiselkeytyksen jälkeen.



Kuvio 4. Kokonaisfosforin mittaustulokset ilman kemikaaleja esiselkeytyksen jälkeen. Huomaa negatiivinen Ptota reduktio.

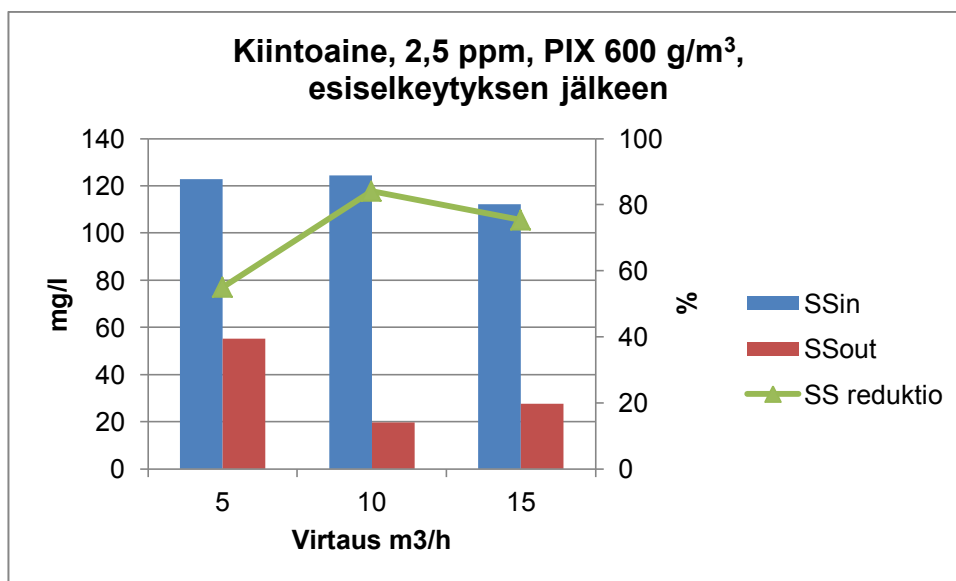


Kuvio 5. Kemiallisen hapenkulutuksen mittaustulokset ilman kemikaaleja esiselkeytyksen jälkeen. Huomaa negatiivinen COD reduktio.

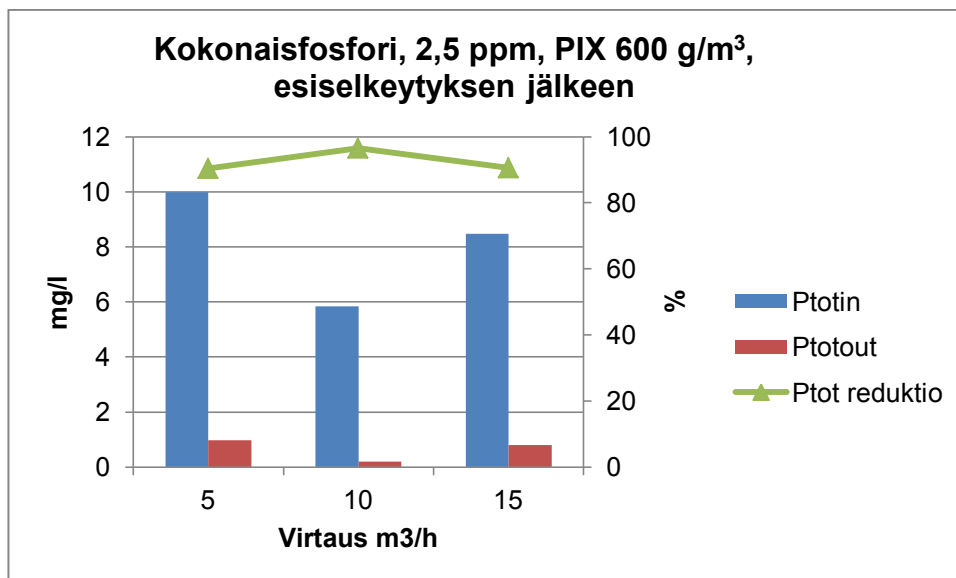
Ensimmäisen koeajon aikana kiintoainekuorma oli poikkeuksellisen suuri, joten puhdistamon kiintoainekuorman normalisoiduttua kiekkosuodinta koeajettiin vielä uudelleen tällä sijainnilla 15.2–24.2.2017. Uutta koeajoa varten kiekkoon vaihdettiin kasetit, joissa

on suuremman reikäkoon kankaat. Koeajoja suoritettiin kolme sekä lisäksi otettiin näytteet yksittäisistä ajoista.

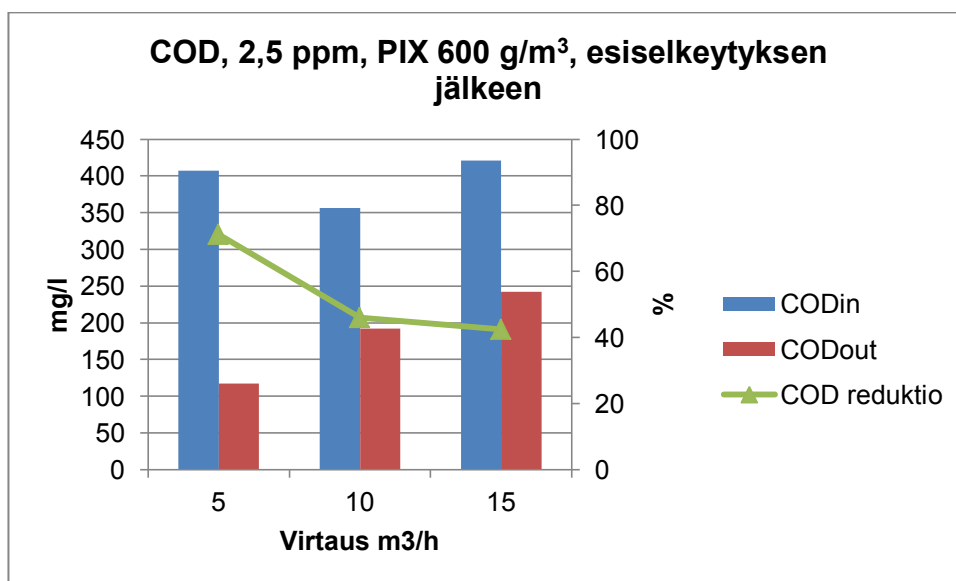
17.–20.2.2017 koeajo ajettiin polymeerillä 2,5 ppm ja PIX:llä 600 g/m<sup>3</sup>. Kiintoaineen ja kokonaisfosforin reduktiot olivat hyvät. Kemiallisen hapenkulutuksen reduktio oli paras pienimmällä virtaamalla. Virtaamalla 20 m<sup>3</sup>/h ei saatu näytteitä laitteen jatkuvan pesemisen takia. Tulokset on esitetty kuvioissa 6, 7 ja 8.



Kuvio 6. Kiintoaineen mittaustulokset polymeerillä 2,5 ppm ja PIX:llä 600 g/m<sup>3</sup> esiselkeytyksen jälkeen.

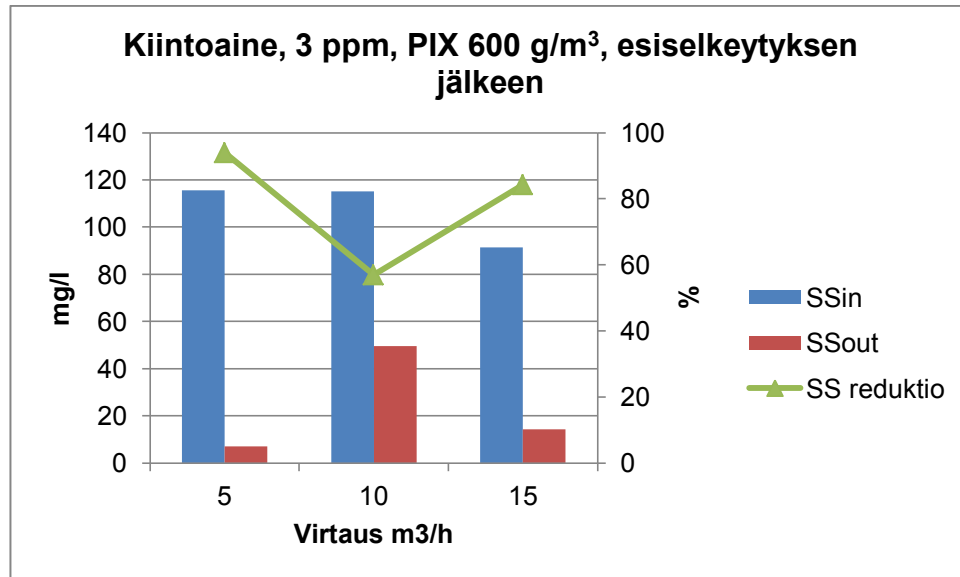


Kuvio 7. Kokonaisfosforin mittaustulokset polymeerillä 2,5 ppm ja PIX:llä 600 g/m<sup>3</sup> esiselkeytyksen jälkeen.

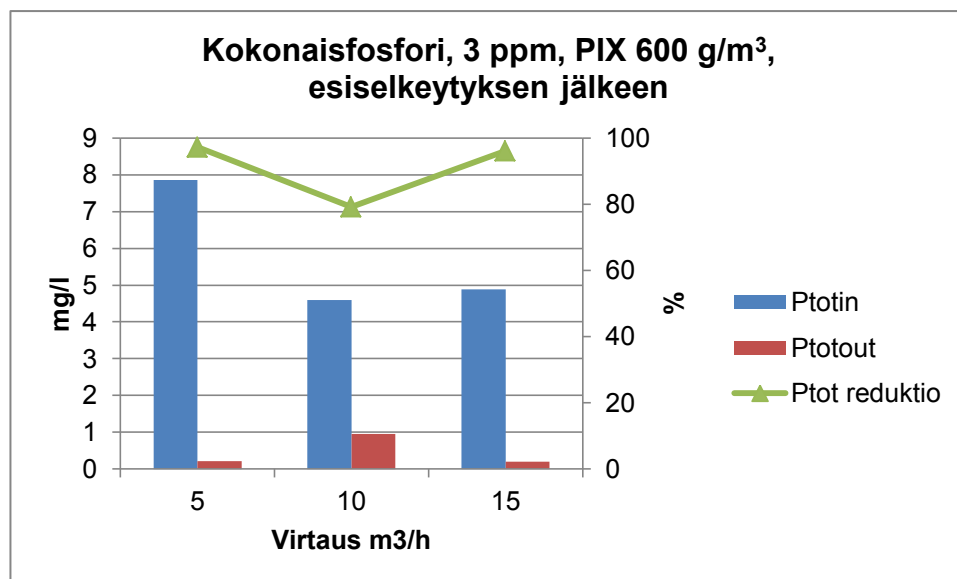


Kuvio 8. Kemiallisen hapenkulutuksen mittaustulokset polymeerillä 2,5 ppm ja PIX:llä 600 g/m<sup>3</sup> esiselkeytyksen jälkeen.

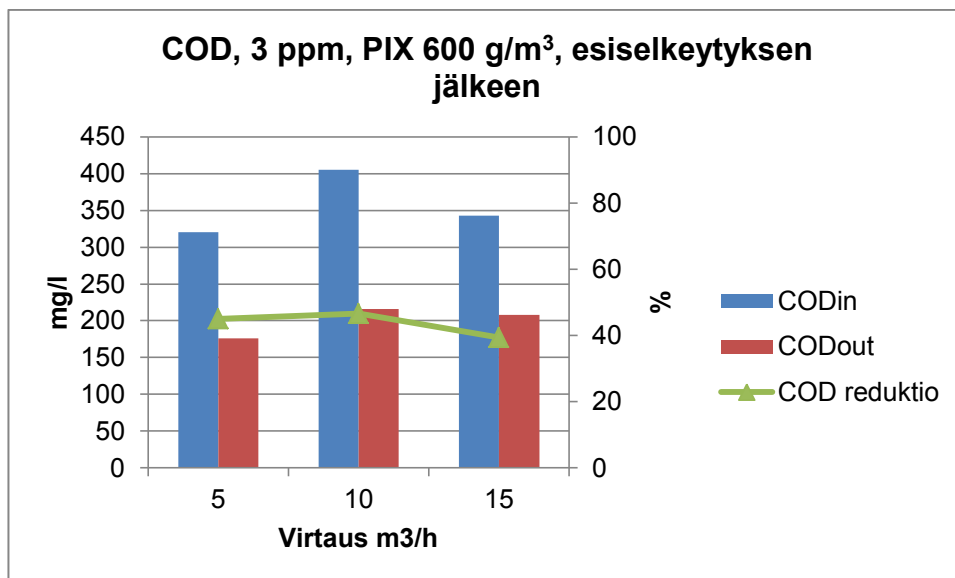
Koeajo polymeerillä 3,0 ppm ja PIX:llä 600 g/m<sup>3</sup> ajettiin 21.2.2017. Kiintoaineen reduktio oli hyvä. Kokonaisfosforin poistoteho oli osalla virtaamista lähellä 100 %. Kemiallisen hapenkulutuksen reduktio oli hyvä. Virtaamalla 20 m<sup>3</sup>/h ei saatu näytteitä laitteen jatkuvan pesemisen takia. Tulokset on esitetty kuvioissa 9, 10 ja 11.



Kuvio 9. Kiintoaineen mittaustulokset polymeerillä 3,0 ppm ja PIX:illä 600 g/m<sup>3</sup> esiselkeytyksen jälkeen.

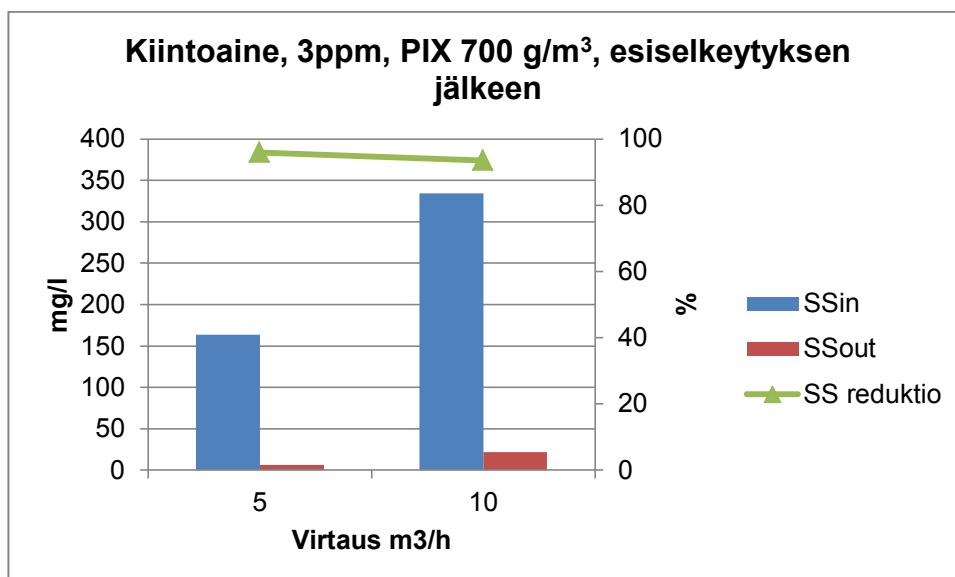


Kuvio 10. Kokonaisfosforin mittaustulokset polymeerillä 3,0 ppm ja PIX:illä 600 g/m<sup>3</sup> esiselkeytyksen jälkeen.



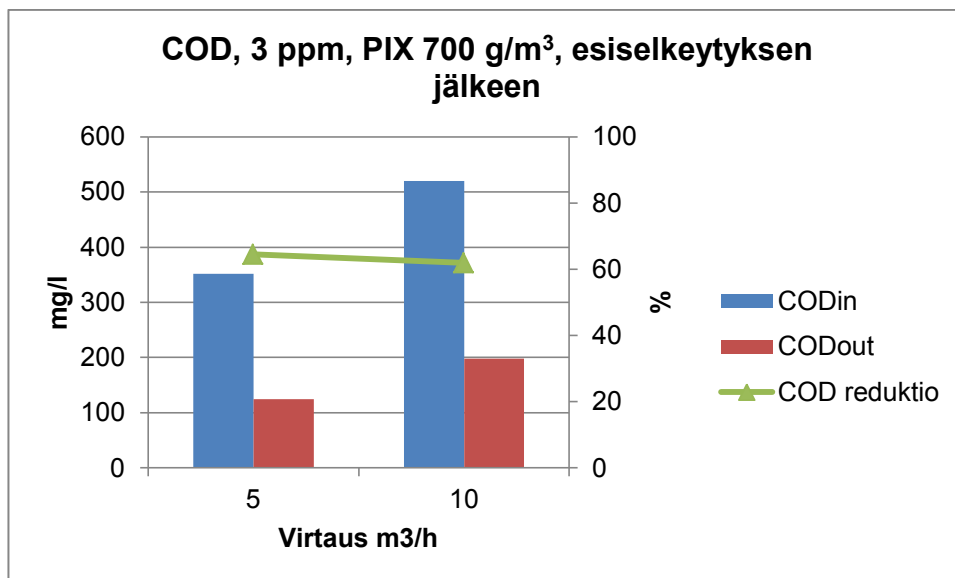
Kuvio 11. Kemiallisen hapenkulutuksen mittaustulokset polymeerillä 3,0 ppm ja PIX:llä 600 g/m<sup>3</sup> esiselkeytyksen jälkeen.

22.2.2017 ajettiin koeajo polymeerillä 3,0 ppm ja PIX:llä 700 g/m<sup>3</sup>. Kiintoaineen poistoteho oli yli 90 %. Kemiallisen hapenkulutuksen reduktio oli tällä sijainnilla tehdyistä koeajoista paras, yli 60 %. Kokonaisfosforin poistotehoa ei analysoitu kyvettien toimitusongelmien vuoksi. Isommilla virtaamilla ajo ei onnistunut laitteen jatkuvan pesemisen takia. Tulokset on esitetty kuvioissa 12 ja 13.



Kuvio 12. Kiintoaineen mittaustulokset polymeerillä 3,0 ppm ja PIX:llä 700 g/m<sup>3</sup> esiselkeytyksen jälkeen.



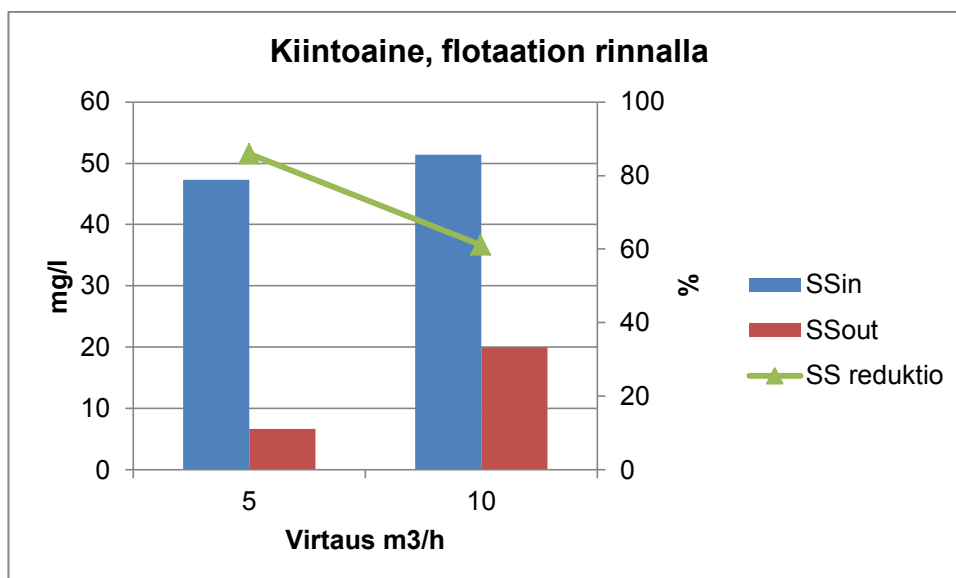


Kuvio 13. Kemiallisen hapenkulutuksen mittaustulokset polymeerillä 3,0 ppm ja PIX:llä 700 g/m<sup>3</sup> esiselkeytyksen jälkeen.

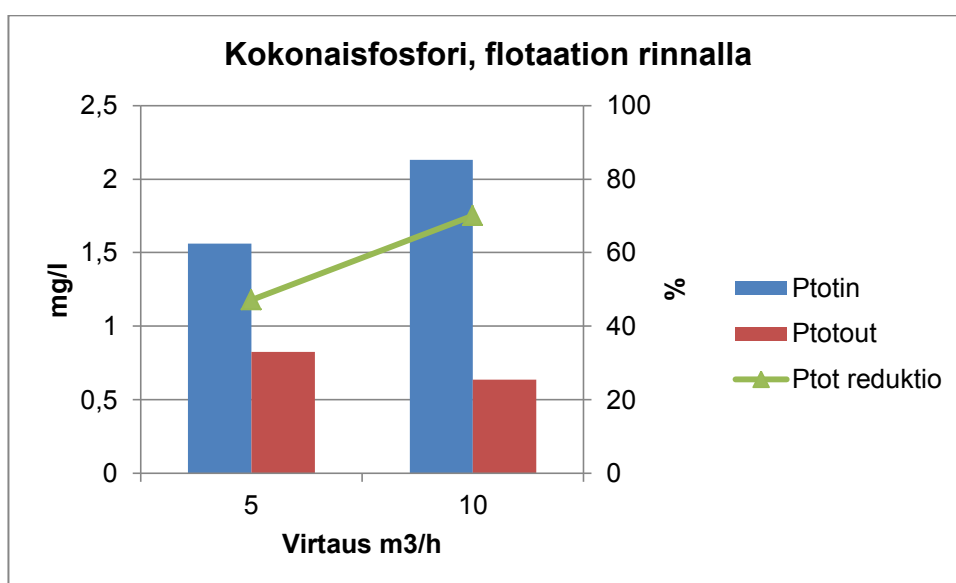
### 5.3 Flotaation rinnalla

Jotta kiekolle ajettavan veden kiintoainekuorma olisi pienempi, sijoitettiin pumppu väliselkeytyksestä lähtevään veteen. Virtausnopeuksien kasvattaminen ei onnistunut 20 m<sup>3</sup>/h suuremmaksi, sillä todennäköisesti pitkä letku söi pumpun tehoa. Saostuskemikaali vaihdettiin PIX:iin laitetoimittajan suosituksesta, sillä muualla saatujen kokemusten mukaan PIX saostaa paremmin rasvapitoisia vesiä kuin PAC.

Ensimmäinen koeajo ajettiin ilman kemikaaleja 16.–19.12.2016. Koeajosta saatiin ajettua vain pienimmät virtausnopeudet 5 ja 10 m<sup>3</sup>/h, sillä suuri kiintoainekuorma haittasi ajoa. Kiintoaineen ja kokonaisfosforin reduktio ei yltänyt hyvään puhdistustulokseen. Kemiallista hapenkulutusta ei analysoitu. Tulokset on esitetty kuvioissa 14 ja 15.

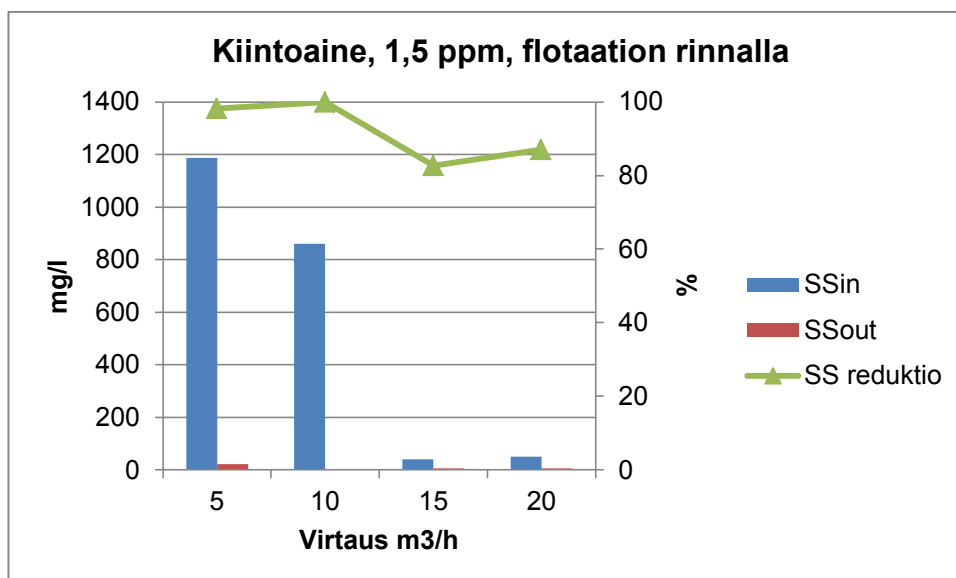


Kuvio 14. Kiintoaineen mittaustulokset ilman kemikaaleja flotaation rinnalla.

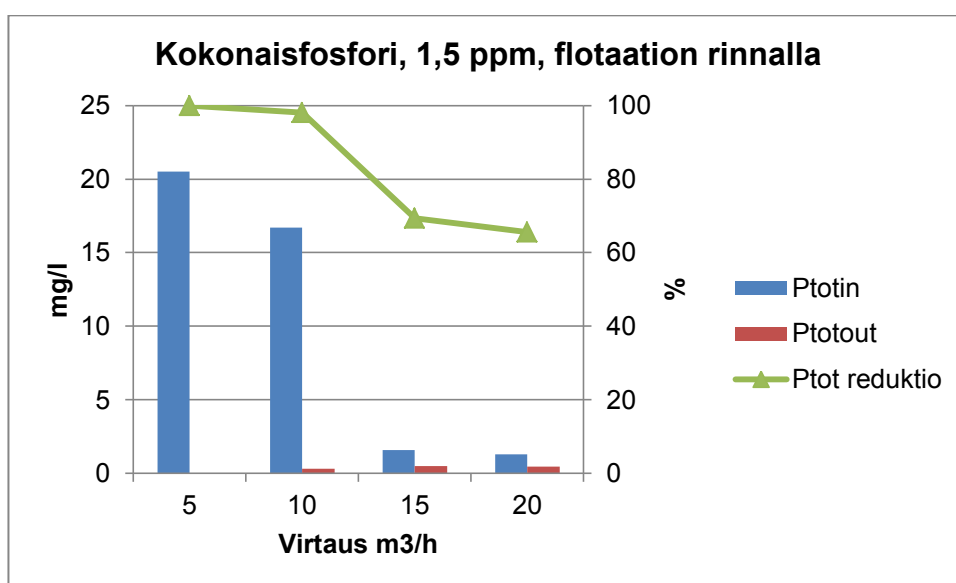


Kuvio 15. Kokonaisfosforin mittaustulokset ilman kemikaaleja flotaation rinnalla.

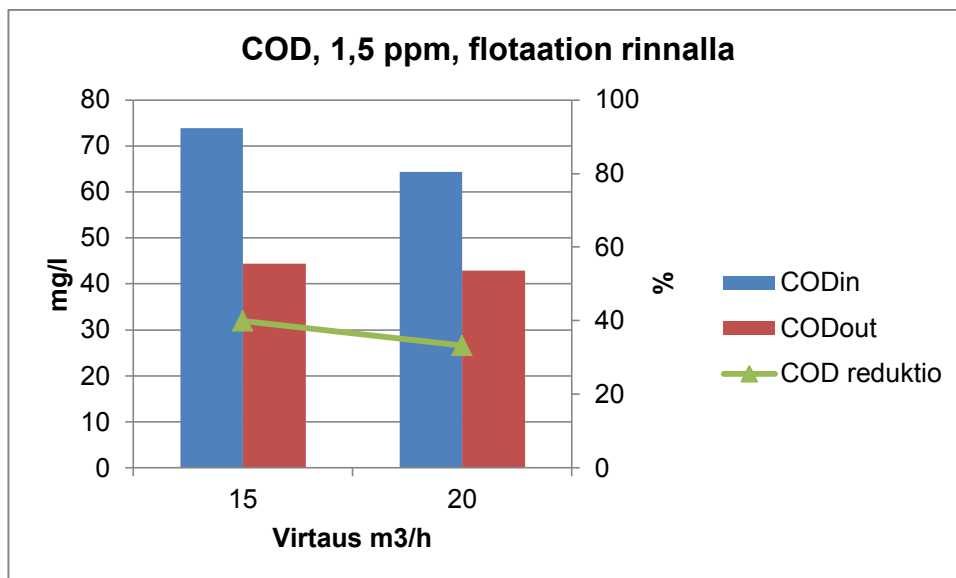
Seuraava koeajo ajettiin polymeerillä 1,5 ppm 21.–29.12.2016. Tässä vaiheessa prosessi oli palautumassa normaaliksi. Puhdistustulokset kiintoaineelle ja kokonaisfosforille olivat hyvät. Kemiallinen hapenkulutus analysoitiin vain suurimmista virtauksista. Tulokset on esitetty kuvioissa 16, 17 ja 18.



Kuvio 16. Kiintoaineen mittaustulokset polymeerillä 1,5 ppm flotaation rinnalla.

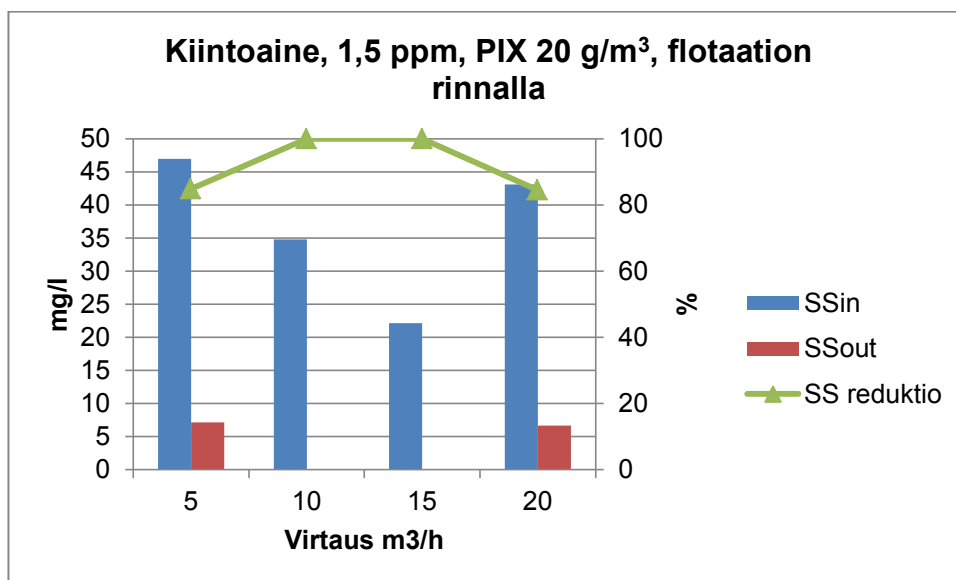


Kuvio 17. Kokonaisfosforin mittaustulokset polymeerillä 1,5 ppm flotaation rinnalla.

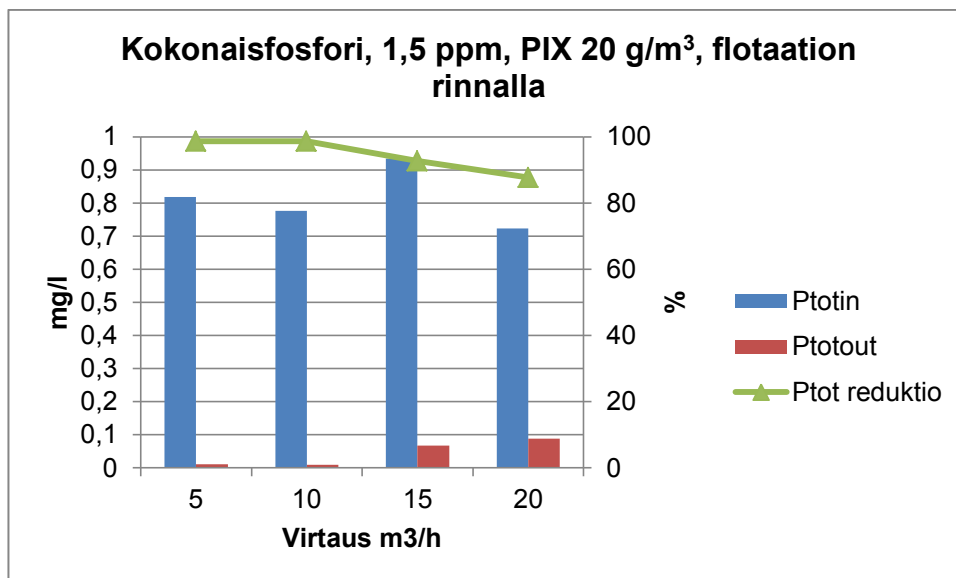


Kuvio 18. Kemiallisen hapenkulutuksen mittaustulokset polymeerillä 1,5 ppm flotaation rinnalla.

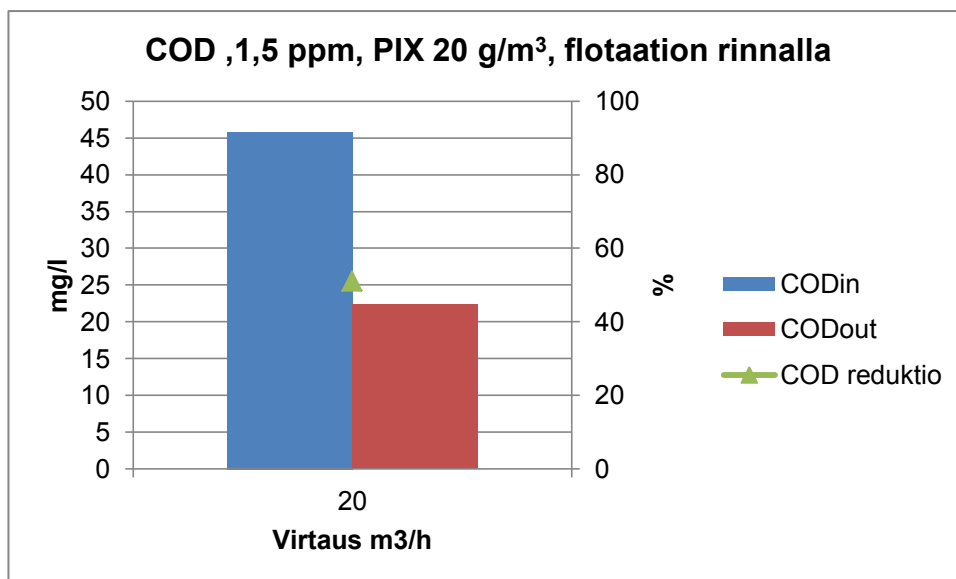
Kolmas koeajo ajettiin polymeerillä 1,5 ppm ja PIX:illä 20 g/m<sup>3</sup> 2.1.2017. Kiintoaineen ja fosforin reduktiot olivat hyvät. Kemiallinen hapenkulutus analysoitiin vain 20 m<sup>3</sup>/h virtaamalle. Tulokset on esitetty kuvioissa 19, 20 ja 21.



Kuvio 19. Kiintoaineen mittaustulokset polymeerillä 1,5 ppm ja PIX:illä 20 g/m<sup>3</sup> flotaation rinnalla.

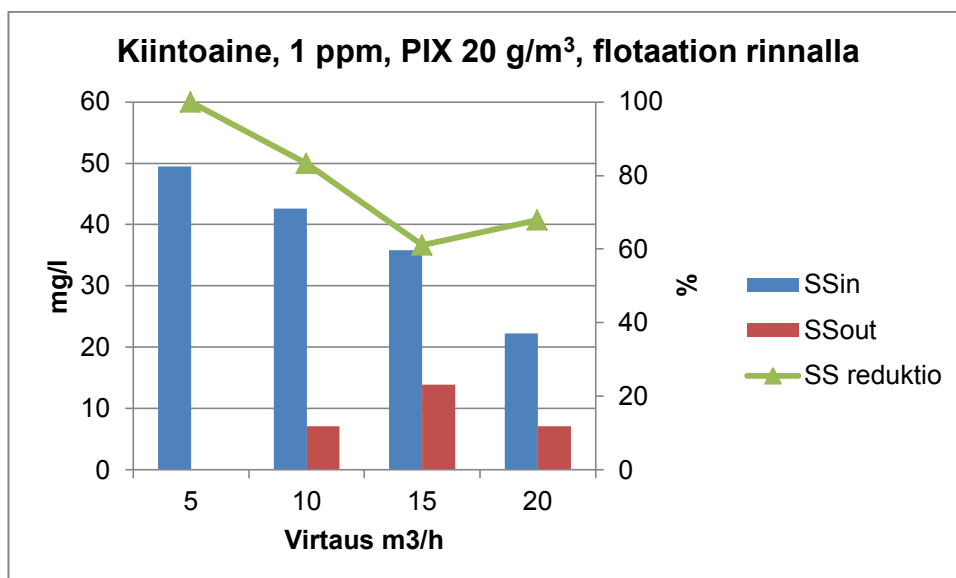


Kuvio 20. Kokonaisfosforin mittaustulokset polymeerillä 1,5 ppm ja PIX:llä 20 g/m<sup>3</sup> flotaation rinnalla.

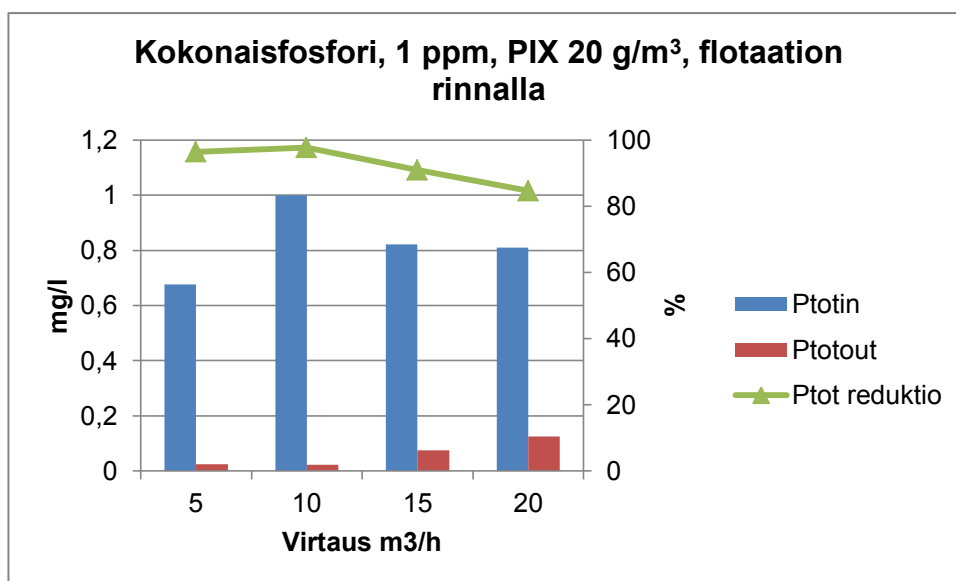


Kuvio 21. Kemiallisen hapenkulutuksen mittaustulokset polymeerillä 1,5 ppm ja PIX:llä 20 g/m<sup>3</sup> flotaation rinnalla.

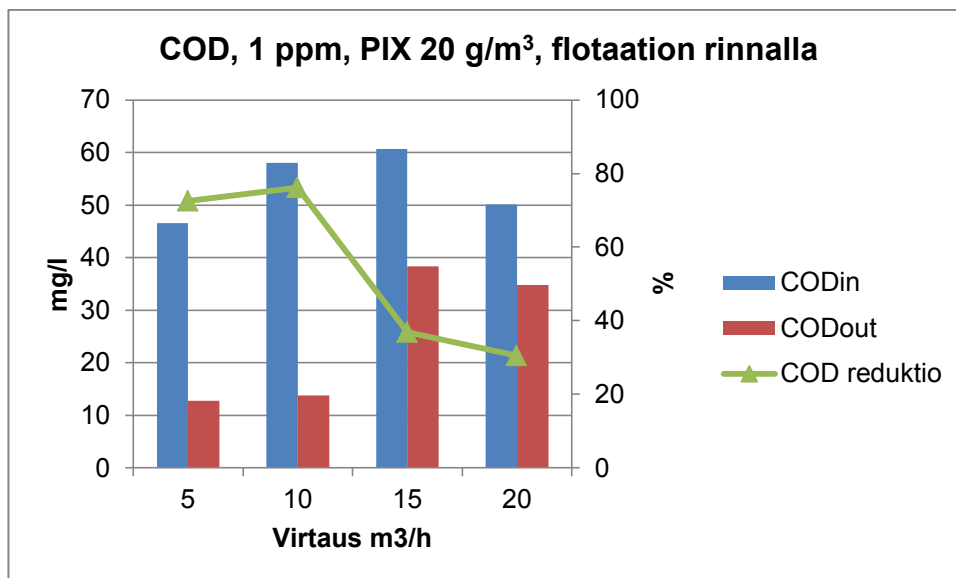
Neljäs koeajo suoritettiin pienemmällä polymeerimäärällä 1,0 ppm ja PIX:illä 20 g/m<sup>3</sup> 3.-4.1.2017. Kiintoaineen ja kokonaisfosforin reduktiot olivat hyvät, lukuun ottamatta kiintoaineen poistotehoa suuremmilla 15 ja 20 m<sup>3</sup>/h virtauksilla. Kemiallisen hapenkulutuksen reduktio oli hyvä pienemmillä virtauksilla. Tulokset on esitetty kuvioissa 22, 23 ja 24.



Kuvio 22. Kiintoaineen mittaustulokset polymeerillä 1 ppm ja PIX:llä 20 g/m<sup>3</sup> flotaation rinnalla.

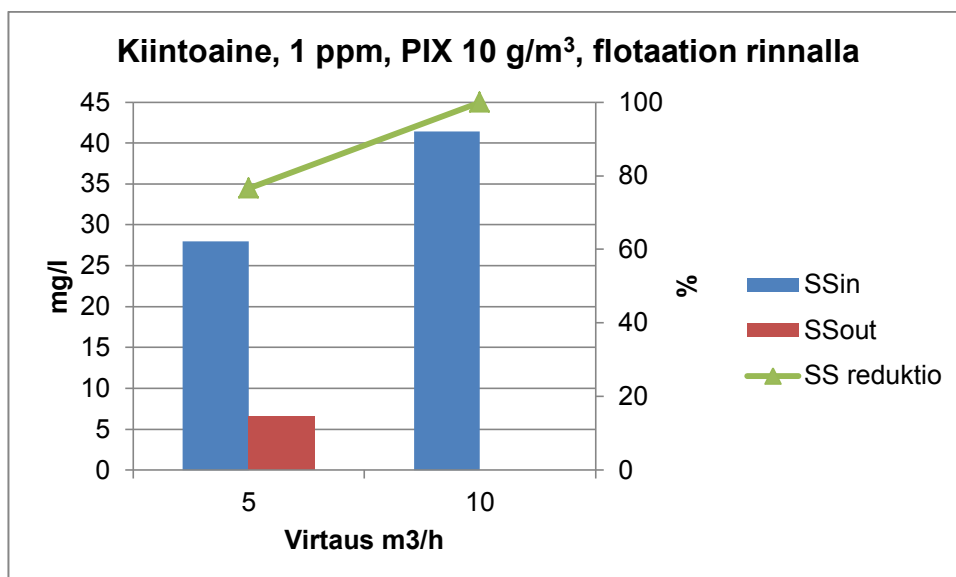


Kuvio 23. Kokonaisfosforin mittaustulokset polymeerillä 1 ppm ja PIX:llä 20 g/m<sup>3</sup> flotaation rinnalla.

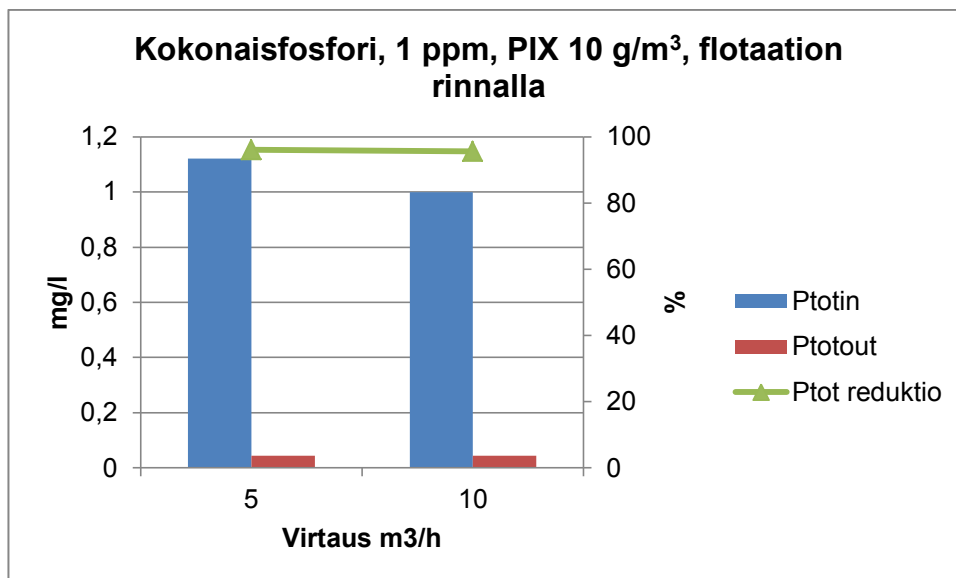


Kuvio 24. Kemiallisen hapenkulutuksen mittaustulokset polymeerillä 1 ppm ja PIX:llä 20 g/m<sup>3</sup> flotaation rinnalla.

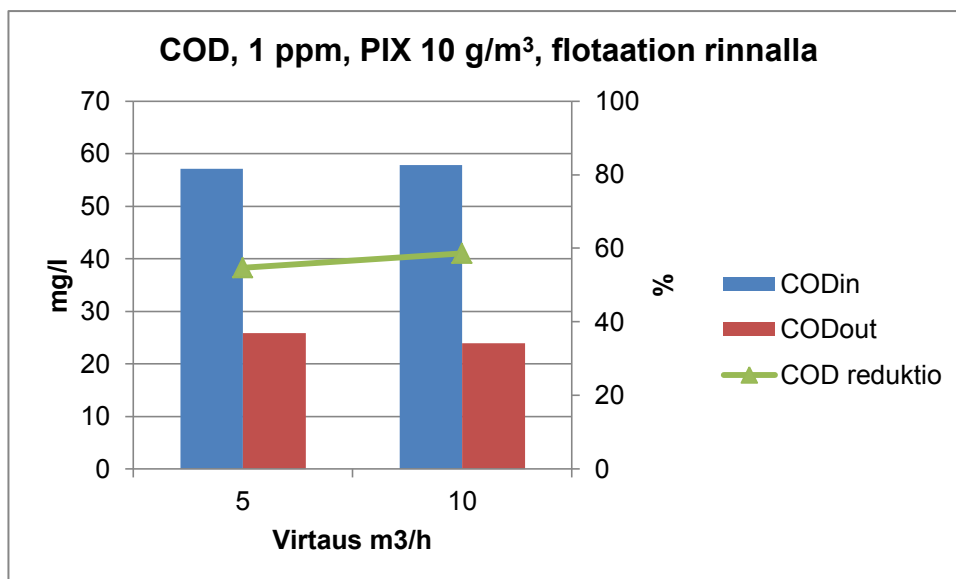
Viimeinen koeajo ajettiin kaikkein pienimmillä kemikaalimäärillä, polymeeriä 1,0 ppm ja PIX:iä 10 g/m<sup>3</sup> 11.1.2017. Pienemmillä virtaamilla kiintoaineen ja kokonaisfosforin poistotehot olivat hyvät. Kemiallisen hapenkulutuksen reduktio oli hyvä. Suurempia virtauksia ei pystytty ajamaan laitteen jatkuvan pesemisen takia. Tulokset on esitetty kuvioissa 25, 26 ja 27.



Kuvio 25. Kiintoaineen mittaustulokset polymeerillä 1 ppm ja PIX:llä 10 g/m<sup>3</sup> flotaation rinnalla.



Kuvio 26. Kokonaisfosforin mittaustulokset polymeerillä 1 ppm ja PIX:llä 10 g/m<sup>3</sup> flotaation rinnalla.



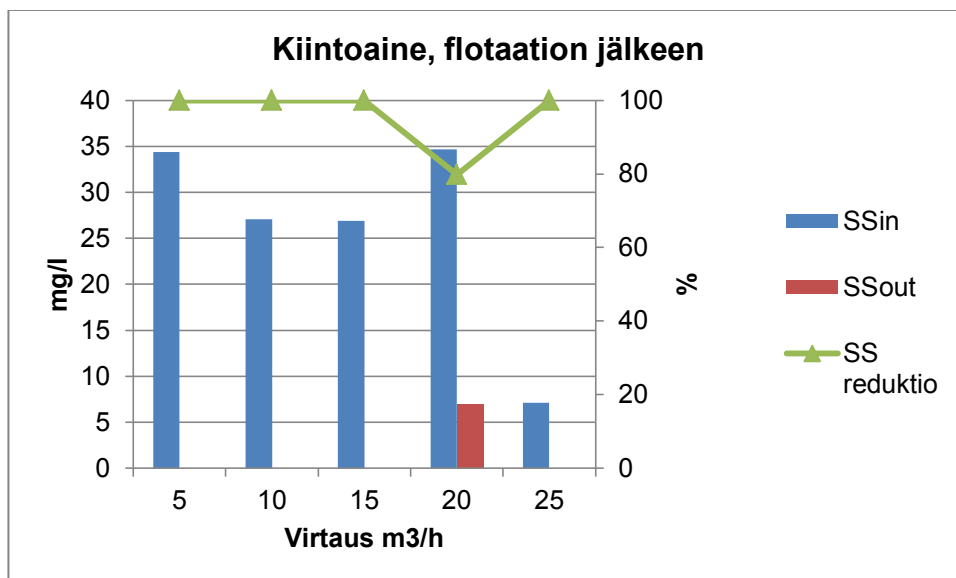
Kuvio 27. Kemiallisen hapenkulutuksen mittaustulokset polymeerillä 1 ppm ja PIX:llä 10 g/m<sup>3</sup> flotaation rinnalla.

#### 5.4 Flotaation jälkeen

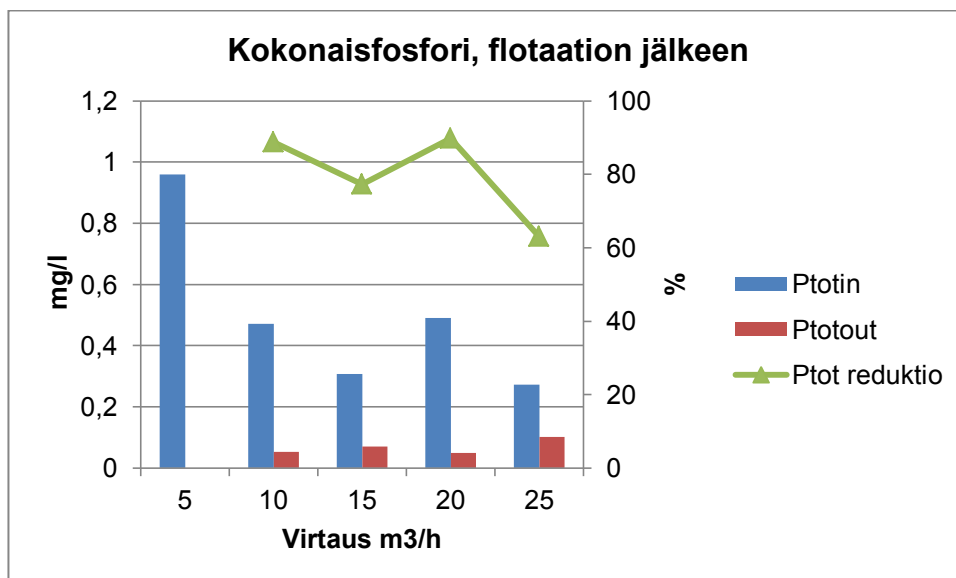
Tässä koeajossa vesi pumpattiin kiekkosuotimelle puhdistamolta lähtevästä vedestä. Koeajo suoritettiin poikkeuksellisen suuren kiintoainekuorman aikaan 20.12.2016. Tilanne ei kuitenkaan vaikuttanut merkittävästi koeajoon, sillä flotaatio toimi hyvin, eikä



kiintoainetta päässyt karkaamaan lähtevään veteen ja siten kiekkosuotimelle. Kiekkosuotimella saatiin hyvät reduktiotulokset kiintoaineelle ja kokonaisfosforille ilman kemikaaleja. Kemiallista hapenkulutusta ei analysoitu. Muita koeajoja ei suoritettu. Tulokset on esitetty kuvioissa 28 ja 29.



Kuvio 28. Kiintoaineen mittaustulokset ilman kemikaaleja flotaation jälkeen.



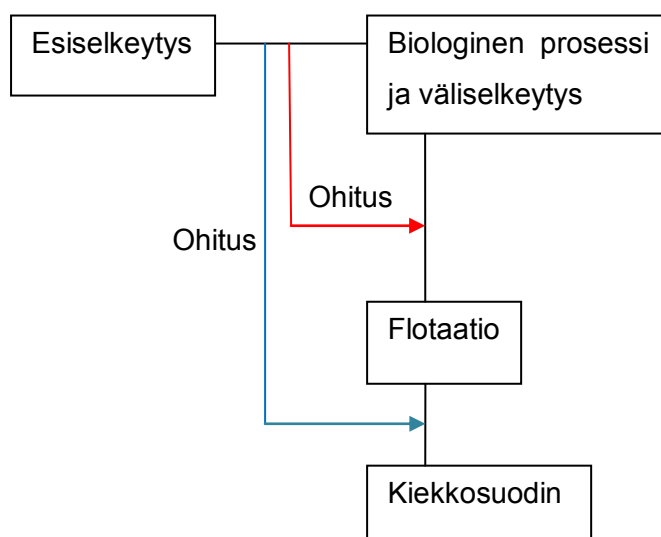
Kuvio 29. Kokonaisfosforin mittaustulokset ilman kemikaaleja flotaation jälkeen.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tavoitteena oli koeajaa kiekkosuodinta JVP-Euran jätevedenpuhdistusprosessissa. Koeajon tarkoituksena oli kartoittaa kiekkosuotimen soveltuvuus puhdistuslaitoksen prosessiin ja pohtia, olisiko kiekkosuotimesta hyötyä jätevedenpuhdistusprosessin kannalta.

Koeajon ja vesinäytteistä analysoitujen tulosten perusteella kiekkosuodin voisi korvata kalliimman ja työläämmän väliselkeytysaltaiden laajennuksen. Paras positio kiekkosuotimelle olisi jätevedenpuhdistusprosessin lopussa flotaation jälkeen. Kyseisellä sijainnilla kiekkosuodinta olisi mahdollista hyödyntää erilaisissa jätevedenpuhdistusprosessin tilanteissa.

Kun tulevan veden virtaama on hulevesien aikana normaalia suurempaa, biologista prosessia ja siellä olevaa lietettä voisi suojella sekä väliselkeytysaltaiden kapasiteettia parantaa ohittamalla osa jätevesistä suoraan flotaatioon. Tämä on kuvattuna kuviossa 30. punaisella nuolella. Toinen hyödynnettävä tilanne olisi flotaation huolto, jolloin jätevedet voisi johtaa suoraan kiekkosuotimelle. Kyseistä prosessin ajotapaa kuvaa kuviossa sininen nuoli. Jätevedenpuhdistusprosessin lopussa kiekkosuodin toimisi myös viimeisenä varmistuksena, jos flotaatiossa olisi ongelmatilanne ja kiintoainetta olisi karkaamassa sieltä.



Kuvio 30. Ehdotettu kiekkosuotimen sijainti jätevedenpuhdistusprosessissa. Sinisellä ja punaisella nuolella on kuvattu mahdolliset prosessin ajotavat.

Kiekkosuotimen yhteyteen tulisi sekoitusaltaat saostuskemikaalia ja polymeeriä varten. Kuten koeajon vesinäytteiden analyysituloksista nähdään, korkeampi kuormitteisen jäteveden hyvä puhdistustulos saavutetaan käyttämällä riittävä määrä kemikaaleja apuna. Suunnitelluissa ohitustilanteissa kemikaalit olisi käytössä. Jätevedenpuhdistusprosessin toimiessa normaalisti kiekkosuotimella ei tarvitsisi käyttää kemikaaleja. Suodatuskankaan reikäkoko tulee valita tulevan jäteveden laadun mukaan.

Kiekkosuodinta varten rakennetaan oma rakennus tai laajennetaan olemassa olevaa floataatorakennusta. Lisäksi pitäisi tehdä vaadittavat putkistotyöt, jotta suunnitellut ajotavat olisi mahdollista toteuttaa käytännössä.

Referenssijätevedenpuhdistuslaitosten kokemukset ja hankintaperusteet tukevat johtopäätöstä kiekkosuotimen hankinnasta ja sen sijoittamisesta jätevedenpuhdistusprosessin loppuun. Lapuan Jätevesi Oy:llä kiekkosuodin on jätevedenpuhdistamon puhdistusprosessin lopussa, jossa se on toiminut hyvin ja pienillä käyttökustannuksilla. Nivos Vesi Oy:llä ei ole vielä käyttökokemuksia kiekkosuotimesta, mutta se olisi tarkoitus sijoittaa tertiäärikäsittelyksi jätevedenpuhdistusprosessin loppuun. Kustannukset ja tilan tarve olivat heidän merkittävimmät syyt kiekkosuotimen hankintaan.

## LÄHTEET

AIRIX Ympäristö Oy 2010. Euran kunnan vesihuollon kehittämissuunnitelma - KEHITTÄMISTOIMENPITEET 2010–2020. Viitattu 8.12.2016 <http://www.eura.fi/upload/vesihuollon-kehittämissuunnitelma/kehittamistoimenpiteet-eura.pdf>

Aluehallintovirasto 2010. Päätös: Nro 32/2010/2, Dnro ESAVI/377/04.08/2010. Viitattu 23.2.2017. [http://www.avi.fi/documents/10191/56820/esavi\\_paatos\\_32\\_10\\_2\\_2010-07-07.pdf](http://www.avi.fi/documents/10191/56820/esavi_paatos_32_10_2_2010-07-07.pdf)

Aluehallintavirasto 2013. Päätös: Nro 11/2013/1, Dnro ESAVI/27/04.08/2011. Viitattu 8.12.2016 [https://www.avi.fi/documents/10191/56814/esavi\\_paatos\\_11\\_2013\\_1-2013-01-23.pdf](https://www.avi.fi/documents/10191/56814/esavi_paatos_11_2013_1-2013-01-23.pdf)

DR Lange 2000. Operating manual – Mobile laboratory photometer, LASA 100.

Hach Lang 2001. LCK 514 COD –ohje.

Hach Lang 2013. LCK 349 Phosphorus total –ohje.

HKScan 2015. HKScan investoi kasvuun – Uusi 80 miljoonan euron tuotantolaitosinvestointi Raumalle. Viitattu 30.12.2016 <http://www2.hkscan.com/portal/suomi/suomi/tiedotearkisto/?id=1998>

Hyxo Oy 2012. DynaDisc-mikrosuodatin. Viitattu 20.1.2017. [http://www.hyx.fi/products/fi/dynadisc\\_mikrosuodatin-p-173-447/](http://www.hyx.fi/products/fi/dynadisc_mikrosuodatin-p-173-447/)

JVP-Eura Oy 2016. Viitattu 8.12.2016 <http://www.jvp-eura.fi/>

KHO 2017. Muu päätös 17/2017 Viitattu 11.1.2017 <http://www.kho.fi/fi/index/paatoksia/muitapaatoksia/muupaatos/1483441438823.html>

Laihonen, M. 2016, Nordic Water –DynaDisc –PowerPoint.

Lapuan Jätevesi Oy 2016. Viitattu 10.2.2017. <http://www.lapuanjatevesi.fi/>

Mecana Umwelttechnik GmbH 2015. Pile Cloth Media Filtration, Helsinki.

Mecana Umwelttechnik GmbH. Pile Cloth Media Filtration.

Mecana Umwelttechnik GmbH. Animation Disk Filter –video.

Nivos Oy 2017. Nivos Vesi. Viitattu 2.3.2017 <https://www.nivos.fi/Vesi>

Nivos Oy 2016. Jätevesien puhdistaminen on ympäristöteko! Viitattu 20.2.2017 <https://www.nivos.fi/vesi/jatevesien-puhdistaminen-on-ympararistoteko>

Nordic Water 2012. DynaDisc mikrosuodatin – Asennus-, käyttö- ja huolto-opas.

Patala, P. 2016, JVP-Eura 14.6.2016 –PowerPoint.

Ramboll Finland Oy 2016. Mäntsälän Kirkonkylän jätevedenpuhdistamo – Osavuosisraportti 3/2016. Viitattu 20.2.2017 [https://www.nivos.fi/sites/default/files/2016\\_03\\_mantsalan\\_osavuosisraportti\\_201603\\_0.pdf](https://www.nivos.fi/sites/default/files/2016_03_mantsalan_osavuosisraportti_201603_0.pdf)

Seppänen, H. 1994. Ympäristösuojelutekniikan perusteet. Helsinki: Hakapaino Oy.

SFS-EN 872. Vedenlaatu, kiintoaineen määrittäminen, suodatus lasikuitusuodattimella. Suomen standardoimisliitto SFS.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2004. RIL 124-2 Vesihuolto II. Vammalan Kirjapaino Oy.

Sweco Ympäristö Oy 2014. Euran keskuspuhdistamo – Mitoitusselostus.

Turunen, H.; Süsser M. 2016. Pile Cloth Media Filtration for phosphorous elimination – PowerPoint.

DynaDisc koeajo												
				Polymer C <sub>dos</sub>	0,0645	mg/l						
				PAN	1,37	g/m <sup>3</sup>						
				PIR	1,50	g/m <sup>3</sup>						
Q <sub>in</sub>	Polymer	Polymer	Flacculation PAN/PIR	Flacculation PAN	SS <sub>12</sub>	P <sub>12</sub> 12	COD <sub>12</sub>	SS <sub>24</sub>	P <sub>12</sub> 24	COD <sub>24</sub>	Warh ON	WarH OFF
m <sup>3</sup> /h	g/m <sup>3</sup>	l/h	g/m <sup>3</sup>	ml/h	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	x	x
5												
10												
15												
20												
25												
30												
35												
40												
5	0,5	3,88										
10	0,5	7,75										
15	0,5	11,63										
20	0,5	15,50										
25	0,5	19,38										
30	0,5	23,26										
35	0,5	27,13										
40	0,5	31,01										
5	0,5	3,88	20	73,0								
10	0,5	7,75	20	146,0								
15	0,5	11,63	20	219,0								
20	0,5	15,50	20	292,0								
25	0,5	19,38	20	365,0								
30	0,5	23,26	20	438,0								
35	0,5	27,13	20	510,9								
40	0,5	31,01	20	583,9								
5	0,5	3,88	30	109,5								
10	0,5	7,75	30	219,0								
15	0,5	11,63	30	328,5								
20	0,5	15,50	30	438,0								
25	0,5	19,38	30	547,4								
30	0,5	23,26	30	656,9								
35	0,5	27,13	30	766,4								
40	0,5	31,01	30	875,9								
5	1,0	7,75										
10	1,0	15,50										
15	1,0	23,26										
20	1,0	31,01										
25	1,0	38,76										
30	1,0	46,51										
35	1,0	54,26										
40	1,0	62,02										
5	1,0	7,75	20	73,0								
10	1,0	15,50	20	146,0								
15	1,0	23,26	20	219,0								
20	1,0	31,01	20	292,0								
25	1,0	38,76	20	365,0								
30	1,0	46,51	20	438,0								
35	1,0	54,26	20	510,9								
40	1,0	62,02	20	583,9								
5	1,0	7,75	30	109,5								
10	1,0	15,50	30	219,0								
15	1,0	23,26	30	328,5								
20	1,0	31,01	30	438,0								
25	1,0	38,76	30	547,4								
30	1,0	46,51	30	656,9								
35	1,0	54,26	30	766,4								
40	1,0	62,02	30	875,9								
5	1,5	11,63										
10	1,5	23,26										
15	1,5	34,88										
20	1,5	46,51										
25	1,5	58,14										
30	1,5	69,77										
35	1,5	81,40										
40	1,5	93,02										
5	1,5	11,63	20	73,0								
10	1,5	23,26	20	146,0								
15	1,5	34,88	20	219,0								
20	1,5	46,51	20	292,0								
25	1,5	58,14	20	365,0								
30	1,5	69,77	20	438,0								
35	1,5	81,40	20	510,9								
40	1,5	93,02	20	583,9								



DynaDisc-koeajon tulokset ei julkinen tiedosto



